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
03.03.02 Физика
(код и наименование направления подготовки)

Медицинская физика
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Год набора 2024

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

Кафедра радиофизики и электроники
наименование кафедры

протокол № 6 от "22" февраля 2024

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

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

должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
03.03.02 Физика — В.Л. Бердинский
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
личная подпись Н.Н. Бигалиева
расшифровка подписи

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

№ регистрации _____

© Чмерева Т.М., 2024
© ОГУ, 2024

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.13.1 Математический анализ, Б1.Д.Б.13.3 Дифференциальные уравнения и уравнения с частными производными, Б1.Д.Б.13.4 Теория вероятностей и математическая статистика, Б1.Д.Б.13.5 Теория функций комплексного переменного, Б1.Д.Б.15 Механика, Б1.Д.Б.17 Электричество и магнетизм, Б1.Д.Б.18 Оптика, Б1.Д.Б.19 Атомная физика, Б1.Д.В.6 Химия*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.25 Физика твердого тела, Б1.Д.В.4 Лазерная техника и лазерные технологии в биологии и медицине, Б1.Д.В.5 Специальный физический практикум, Б2.П.Б.П.1 Научно-исследовательская работа*

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 физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной 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.
ОПК-3 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и	ОПК-3-В-1 Знает основное содержание современных информационных технологий и возможности современных программных средств	**Знать:** - основы информационных технологий и возможности программных средств. **Уметь:** - выбирать программные средства для

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-3-В-2 Умеет выбирать современные информационные технологии и программные средства, для решения задач профессиональной деятельности	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:	**84,25**	**53,25**	**137,5**
Лекции (Л)	34	18	52
Практические занятия (ПЗ)	50	34	84
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.*	**23,75**	**90,75**	**114,5**
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	6		2
2	Математический аппарат квантовой механики	22	6	10		6
3	Уравнение Шредингера, его основные свойства	12	4	6		2
4	Одномерное движение	22	6	10		6
5	Момент количества движения. Четность состояния	10	4	4		2
6	Движение частицы в центральном поле. Водородоподобный атом. Одновалентный атом	20	6	10		4
7	Квантовомеханическое описание спина	10	4	4		2

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
	частицы					
	Итого:	108	34	50		24

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 оператора Гамильтона	56	8	16		32
9	Многоэлектронные атомы	44	6	8		30
10	Атом в электрическом и магнитном поле	44	4	10		30
	Итого:	144	18	34		92
	Всего:	252	52	84		116

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
1-3	1	Решение задач на фотоэффект, эффект Комптона, постулаты Бора	6
4-8	2	Волновая функция, условие нормировки, средние значения физических величин. Операторы в квантовой механике. Собственные функции, собственные значения.	10
9-11	3	Стационарные состояния. Изменение средних значений физических величин с течением времени.	6
12-16	4	Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме. Гармонический осциллятор. Прохождение через потенциальные барьеры.	10
17-18	5	Общие свойства момента количества движения. Сложение моментов.	4
19-23	6	Состояния дискретного спектра в центральных полях. Атом водорода.	10
24-25	7	Решение задач по теме «Спин электрона»	4
26-28	8	Правило квантования Бора-Зоммерфельда. Прохождение частицы через потенциальный барьер.	6
29-31	8	Теория возмущений без вырождения. Теория возмущений при наличии вырождения. Вероятности переходов между состояниями дискретного спектра.	6
32-35	8	Вариационный метод Ритца.	8
36-37	9	Тождественные частицы. Приближенные методы расчета энергии основного состояния двухэлектронных атомов.	4
38-39	9	Решение задач на состояние электронов в атоме, нахождение термов для разных электронных конфигураций.	4
40-41	10	Решение задач на простой и сложный эффекты Зеемана	4
42	10	Решение задач на эффект Штарка	2
		Итого:	84

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. Программная система для организации видео-конференц-связи Webinar.ru

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.