

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Квантовая механика

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы
Физика конденсированного состояния

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.11.03 Квантовая механика относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	ИД ОПК-1: Демонстрация способности применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ИД ОПК-1: Способность исследовать физические процессы с помощью аппарата квантовой механики	Задачи	Экзамен: Задачи Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	7
Часов по учебному плану	252
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	64
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	48
- КСР	2
самостоятельная работа	93
Промежуточная аттестация	45 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего	в том числе
--	-------	-------------

	(часы)	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
Тема 1 Основные понятия квантовой механики	23	7	7	14	9
Тема 2 Стационарное одномерное уравнение Шредингера	36	12	10	22	14
Тема 3 Изменение состояний во времени.	14	4	2	6	8
Тема 4 Движение частицы со спином $s=0$ в постоянном однородном магнитном поле.	11	2	3	5	6
Тема 5 Движение в центральном поле. Атом водорода.	21	6	5	11	10
Тема 6 Движение в периодическом поле.	7	2	1	3	4
Тема 7 Матричная формулировка квантовой механики.	15	3	4	7	8
Тема 8 Приближенные методы в квантовой механике	32	13	9	22	10
Тема 9 Спин . Тожественность частиц.	20	7	3	10	10
Тема 10 Теория рассеяния.	14	4	2	6	8
Тема 11 Релятивистские уравнения.	12	4	2	6	6
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	252	64	48	114	93

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1 Волновая функция. Постулаты квантовой механики. Операторы координаты, импульса, момента импульса. Их собственные функции и собственные значения. Коммутационные соотношения между операторами физических величин. Соотношение неопределённостей . Уравнение Шредингера.

Гамильтониан. Уравнение непрерывности

Тема 2 Прямоугольная потенциальная яма конечной глубины. Дискретный спектр. Прохождение через потенциальный барьер. Туннельный эффект. Линейный гармонический осциллятор. Лестничные операторы.

Тема 3 Стационарные состояния и их свойства. Изменение волновой функции со временем. Функция Грина для свободной частицы. Расплывание волнового пакета.

Тема 4 Движение частицы со спином $s=0$ в однородном магнитном поле. Интегралы движения. . Эффект Ааронова-Бома.

Тема 5 Движение в центральном поле. Интегралы движения. Уровни энергии. Вырождение.

Кулоновское поле. Атом водорода. Уровни энергии, классификация состояний, вырождение.

Тема 6 Движение в периодическом поле. Теорема Блоха. Модель Кронига и Пенни. Энергетические зоны. Эффективная масса.

Тема 7 Различные представления в квантовой механике. Импульсное представление. Физический смысл волновой функции в импульсном представлении. Операторы координаты и импульса в импульсном представлении.

Тема 8 Теория стационарных возмущений . Эффект Штарка для атома водорода. . Вариационный метод. Основное состояние атома гелия. . Квазиклассическое приближение. . Движение в потенциальной яме в квазиклассическом приближении. Правило квантования Бора- Зоммерфельда. Нестационарные

возмущения. Вероятности перехода в дискретном спектре. Возмущения, периодически зависящие от времени. Фотоэффект

Тема 9 . Коммутационные соотношения для операторов спина. Волновая функция частицы со спином S . Операторы спина и их собственные функции для спина $s=1/2$. . Прецессия спина электрона в постоянном магнитном поле. Спиновый резонанс. Тожественные частицы. Волновые функции тождественных частиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Понятие обменного взаимодействия.

Тема 10 Дифференциальное сечение рассеяния. Амплитуда рассеяния. Борновское приближение.

Тема 11 Уравнение Клейна-Гордона. Уравнение Дирака. Нерелятивистский предел уравнения Дирака. Уравнение Паули. Решение уравнения Дирака для свободной частицы: плоские волны. Понятие о позитроне.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

нет

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

Зад.1 Найти уровни энергии двумерного изотропного гармонического осциллятора. Какова кратность вырождения уровней?

Зад.2 Найти среднее значение координаты частицы, находящейся в основном состоянии в бесконечно-глубокой яме шириной a .

Зад.3 Для заряженной частицы, находящейся в основном состоянии в бесконечно-глубокой яме шириной a , в первом порядке теории возмущений найти поправки к уровням энергии, обусловленные слабым электрическим полем.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Задача решена правильно или с небольшими недочетами
не зачтено	Задача не решена, или решена неправильно с грубыми ошибками

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
--------	--------------------

зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

Зад.1 Найти волновую функцию основного состояния линейного осциллятора в импульсном представлении.

Зад.2 Частица с массой m падает вертикально на горизонтальную плоскость и упруго отражается от нее. Найти квазиклассические уровни энергии частицы

Зад.3 Найти оператор проекции спина частицы ($s=1/2$) на направление единичного вектора, заданного сферическими углами θ и φ

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Правильное решение с использованием оригинального метода
отлично	Задача решена правильно
очень хорошо	При правильном подходе допущены незначительные ошибки
хорошо	Большая часть задачи решена правильно, но несколько непринципиальных

Оценка	Критерии оценивания
	ошибок не позволили получить верный ответ
удовлетворительно	Ход решения правильный, но допущен ряд ошибок, не позволивший довести решение до конца
неудовлетворительно	Неправильное решение. Допущены грубые ошибки.
плохо	Задача не решена

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Нестационарные возмущения. Вероятности перехода в дискретном спектре.
2. Преобразование спиновой волновой функции при повороте системы координат.
- 3 Волновые функции тождественных частиц. Принцип Паули.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Подробное, грамотное изложение темы вопроса с обоснованием всех утверждений. Использование материала, выходящего за рамки лекционного курса.
отлично	Грамотное, логическое изложение темы вопроса
очень хорошо	Ответ в целом подробный, но есть неточности
хорошо	Изложение недостаточно подробное, не все утверждения обоснованы, но выводы правильные
удовлетворительно	Тема раскрыта поверхностно, ошибки.
неудовлетворительно	Студент не владеет материалом, необходимым для ответа на вопрос
плохо	Полная некомпетентность

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Ландау Лев Давидович. Теоретическая физика : учеб. пособие для студентов физ.

специальностей ун-тов : в 10 т. Т. 3. Квантовая механика. Нерелятивистская теория / под ред. Л. П. Питаевского. - 5-е изд., стер. - М. : Физматлит, 2001. - 808 с. - ISBN 5-9221-0057-2 (т. 3). - ISBN 5-9221-0053-X : 81.00., 1 экз.

2. Левич В. Г. Курс теоретической физики. Т. 2 / В. Г. Левич. - 1971., 1 экз.

3. Шифф Леонард И. Квантовая механика / пер. с англ. Г. А. Зайцева. - 2-е изд. - М. : Изд-во иностр. лит., 1959. - 473 с. : черт. - 2.25., 17 экз.

4. Балашов Всеволод Вячеславович. Курс квантовой механики : [для физ специальностей ун-тов]. - М. : Изд-во МГУ, 1982. - 280 с. : граф. - 0.85., 55 экз.

5. Давыдов Александр Сергеевич. Квантовая механика : [учеб. пособие для ун-тов]. - 2-е изд., испр. и перераб. - М. : Наука, 1973. - 703 с. : с черт. - 1.56., 8 экз.

Дополнительная литература:

1. Галицкий Виктор Михайлович. Задачи по квантовой механике : учеб. пособие для студентов физ. специальностей вузов : [в 2 ч.]. Ч. 2. - Изд. 3-е, испр. и доп. - М. : Едиториал УРСС, 2001. - 304 с. - ISBN 5-354-00003-3 (Ч. 2). - ISBN 5-354-00001-7 : 84.00., 1 экз.

2. Мессиа Альберт. Квантовая механика = в 2 т. Т. 1 / пер. с фр. В. Т. Хозяинова ; под ред. Л. Д. Фаддеева. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1978. - 478 с. - 2.30., 4 экз.

3. Мессиа Альберт. Квантовая механика : в 2 т. Т. 2 / пер. с фр. П. П. Кулиша ; под ред. Л. Д. Фаддеева. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1979. - 583 с. - 2.90., 4 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Электронные ресурсы фундаментальной библиотеки ННГУ

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Максимова Галина Михайловна, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Бурдов Владимир Анатольевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 30.11.2024, протокол № б/н.