

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 № 6 от 31.05.2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Квантовая механика

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
11.03.04 - Электроника и наноэлектроника

Направленность образовательной программы
Радиофотоника и оптоэлектроника

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2021 год начала подготовки

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Квантовая механика» относится к обязательной части образовательной программы по направлению 11.03.04 - Электроника и нанoeлектроника, является обязательной для освоения, преподается на третьем году обучения, в шестом семестре. Освоению дисциплины предшествует освоение дисциплин (модулей) «Математика», «Теоретическая механика», «Общая физика», «Электродинамика», «Методы математической физики».

Цели и задачи освоения дисциплины:

Целями освоения дисциплины «Квантовая механика» являются:

- формирование у студентов современного представления о методах квантового описания явлений, происходящих на атомных или субатомных масштабах;
- освоение студентами практически важных методов решения основных типов задач квантовой механики, актуальных для последующей специализации в рамках выбранного направления подготовки.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

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 ОС-6. Способен применять фундаментальные знания о физических свойствах систем с пониженной размерностью и учитывать современные тенденции развития нанотехнологий в своей профессиональной деятельности	ОПК-6.1. Знает фундаментальные основы нанотехнологий, физические свойства систем с пониженной размерностью. ОПК-6.2. Знает современные тенденции развития нанотехнологий в своей профессиональной деятельности ОПК-6.3. Умеет применять знания об основах нанотехнологий и физических свойствах систем с пониженной размерностью в своей профессиональной деятельности	Знать основные положения, точно решаемые модели, а также приближенные методы квантовой механики Уметь применять полученную теоретическую базу в области квантовой физики для решения профессиональных задач. Владеть навыками решения основных типов задач, требующих привлечения методов квантовой механики.	<i>Индивидуальное собеседование. Выполнение практических заданий.</i>	<i>Экзамен: Контрольные вопросы</i>

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины «Квантовая механика» составляет 5 зачетных единиц, всего 180 часов, из которых 114 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (2 часа – мероприятия промежуточной аттестации; 64 часа занятия лекционного типа, 48 часов занятия семинарского типа (практические занятия), в том числе 2 часа – мероприятия текущего контроля успеваемости), 66 часов составляет самостоятельная работа обучающегося (30 часов самостоятельная работа в течение семестра, 36 часов самостоятельная работа при подготовке к промежуточной аттестации).

3.1 Трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость	5 ЗЕТ
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	64
- занятия практического типа	48
самостоятельная работа	30 (работа в семестре) 36 (на подготовку к экзамену)
Промежуточная аттестация	6 семестр – экзамен

3.2 Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В ТОМ ЧИСЛЕ				Самостоятельная работа в течение семестра, часы
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) в течение семестра, часы, из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Предмет квантовой механики. Пределы применимости классической механики. Переход к квантовому описанию.	9	4	1	—	5	4
2. Матаппарат квантовой механики. Основные понятия теории линейных	9	4	2	—	6	3

операторов в гильбертовом пространстве. Постулаты квантовой механики.						
3. Уравнение Шредингера. Уравнение Шредингера. Сохранение вероятности. Интегралы движения.	10	3	2	—	5	5
4. Законы сохранения в квантовой механике. Законы сохранения и операторы физических величин. Операторы импульса и момента импульса.	9	4	4	—	8	1
5. Одномерное движение. Решение стационарного уравнения Шредингера в одномерных потенциалах. Общие свойства одномерного движения.	23	5	8	—	13	10
6. Эволюция состояний во времени. Изменение квантовых состояний во времени. Функция Грина нестационарного уравнения Шредингера.	10	3	2	—	5	5
7. Центральное поле. Движение в центральном поле. Интегралы движения. Вырождение. Атом водорода.	12	3	4	—	7	5
8. Магнитное поле. Движение заряженной бесспиновой частицы в магнитном поле. Эффект Ааронова-Бома.	11	4	2	—	6	5
9. Теорема Блоха. Движение в периодическом поле. Теорема Блоха. Модель Кронига-Пенни.	9	4	—	—	4	5
10. Теория представлений. Импульсное представление. Матричная формулировка квантовой механики.	12	4	3	—	7	5
11. Приближенные методы квантовой механики. Теория стационарных и нестационарных возмущений, квазиклассическое приближение, вариационный метод Рэлея-Ритца.	20	5	10	—	15	5
12. Атом во внешнем поле. Эффект Штарка для атома водорода. Основное состояние атома гелия (расчет вариационным методом).	5	3	—	—	3	2
13. Фотоны. Квантование электромагнитного поля. Фотоны. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Фотоэффект.	8	6	—	—	6	2

14. Спин. Понятие спина частицы. Процессии спина в постоянном однородном магнитном поле. Спиновый резонанс.	15	3	5	—	8	7
15. Многоэлектронные системы. Тождественность частиц. Фермионы и бозоны. Обменное взаимодействие.	17	3	2	—	5	12
16. Задача рассеяния. Теория рассеяния. Борновское приближение.	10	3	2	—	5	5
17. Основы релятивистской квантовой механики. Уравнение Дирака. Решение уравнения Дирака для свободной частицы. Позитроны.	6	3	1	—	4	2
В т.ч. текущий контроль	2	2				—
Промежуточная аттестация – экзамен						

4. Образовательные технологии

- 1) Чтение лекций;
- 2) сопровождение лекций написанием и выводом формул, построением графиков, изображением рисунков на доске;
- 3) методика «вопросы и ответы»;
- 4) выполнение практического задания у доски;
- 5) индивидуальная работа над практическим заданием;
- 6) работа в парах над практическим заданием;
- 7) работа в малых группах над практическим заданием;
- 8) методика «мозговой штурм».

5. Учебно-методическое обеспечение, формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся предполагает изучение конспектов лекций, выделенных разделов основной литературы, а также дополнительной литературы, выполнение практических заданий, отвечающих изучаемым разделам дисциплины, подготовку к промежуточной аттестации.

Перечень основной и дополнительной литературы для самостоятельного изучения приведен в п. 7 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации, примеры практических заданий приведены в п. 6.4 настоящей Рабочей программы дисциплины.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина, с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений) приведён выше (раздел 2). Ниже приведена таблица образовательных дескрипторов (отличительных признаков уровней освоения компетенций)

Инд	ОЦЕНКА СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ
-----	-------------------------------------

Индикаторы компетенции	Плохо	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Очень хорошо	Отлично	Превосходно
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала или 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, полностью соответствующем программе подготовки, допущены одна-две несущественных ошибки.	Уровень знаний в объеме, полностью соответствующем программе подготовки, либо, возможно, превышающем ее. Без ошибок.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений или невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа.	При решении стандартных задач и/или выполнении стандартных практических заданий не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками и/или выполнены все практические задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками и/или выполнены все практические задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с некоторыми недочетами и/или выполнены все практические задания, в полном объеме, но некоторые с небольшими недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами и/или выполнены все практические задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи и/или выполнены все практические задания, в полном объеме без недочетов.
<u>Навыки (владения)</u>	Отсутствие владения материалом или невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.	При решении стандартных задач и/или выполнении стандартных практических заданий не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач и/или выполнения стандартных практических заданий с некоторыми недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач и/или выполнении практических заданий с некоторыми недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач и/или выполнении практических заданий без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач и/или выполнении нестандартных практических заданий без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач и/или выполнению нестандартных практических заданий.
Характеристика сформированности	Компетенция совершенно не	Компетенция не сформирована.	Сформированность компетенции соответствует	Сформированность компетенции в целом	Сформированность компетенции в целом	Сформированность компетенции полностью	Сформированность компетенции превышает

компетенции	сформированы. Отсутствуют знания, умения, навыки, необходимые для решения практических (профессиональных) задач.	Имеющихся знаний, умений, навыков явно недостаточно для решения практических (профессиональных) задач.	минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач.	соответствует требованиям, но есть недочеты. Имеющихся знаний, умений и навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по некоторым профессиональным задачам.	соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач.	соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач.	стандартные требования. Имеющихся знаний, умений, навыков в полной мере достаточно для применения творческого подхода к решению сложных практических (профессиональных) задач.
-------------	--	--	--	---	--	--	--

6.2 Описание шкал оценивания

Промежуточной аттестацией для дисциплины «Квантовая механика» является экзамен.

По итогам экзамена выставляется оценка по семибалльной шкале: оценки «Плохо» и «Неудовлетворительно» означают отсутствие аттестации, оценки «Удовлетворительно», «Хорошо», «Очень хорошо», «Отлично» и «Превосходно» выставляются при успешном прохождении аттестации

6.3 Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций

Аттестация по дисциплине проходит в виде экзамена. Оценка выставляется по результатам индивидуального собеседования и выполнения практических заданий в рамках полученного экзаменационного билета.

Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений) приведён выше (раздел 2). Ниже приведена таблица образовательных дескрипторов (отличительных признаков уровней освоения компетенций).

Таблица образовательных дескрипторов (отличительных признаков уровней освоения компетенций).

Уровень освоения компетенции		Отличительные признаки
Начальный	-	- знает основные положения, точно решаемые модели, а также приближенные методы квантовой механики на начальном уровне; - умеет применять полученную

		<p>теоретическую базу в области квантовой физики для решения профессиональных задач на начальном уровне;</p> <p>- владеет навыками решения основных типов задач, требующих привлечения методов квантовой механики на начальном уровне.</p>
Продвинутый	-	<p>- знает основные положения, точно решаемые модели, а также приближенные методы квантовой механики на продвинутом уровне;</p> <p>- умеет применять полученную теоретическую базу в области квантовой физики для решения профессиональных задач на продвинутом уровне;</p> <p>- владеет навыками решения основных типов задач, требующих привлечения методов квантовой механики на продвинутом уровне.</p>
Высокий	-	<p>- знает основные положения, точно решаемые модели, а также приближенные методы квантовой механики на высоком уровне;</p> <p>- умеет применять полученную теоретическую базу в области квантовой физики для решения профессиональных задач на высоком уровне;</p> <p>- владеет навыками решения основных типов задач, требующих привлечения методов квантовой механики на высоком уровне.</p>

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование (промежуточная аттестация).

Контрольные вопросы для индивидуального собеседования представлены в настоящей Рабочей программе дисциплины.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и навыков используются следующие процедуры и технологии:

- выполнение практических заданий (текущий контроль, промежуточная аттестация).

Примеры практических заданий для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в настоящей Рабочей программе дисциплины.

Критериями оценивания на экзамене являются полнота знаний, наличие умений и владений (навыков), перечисленных в настоящей Рабочей программе дисциплины.

«Плохо» – обучающийся не продемонстрировал никаких знаний об основных теоретических разделах курса, не показал никаких умений и навыков выполнения практических заданий;

«Неудовлетворительно» – обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий;

«Удовлетворительно» – обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности;

«Хорошо» – обучающийся продемонстрировал связное изложение основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий;

«Очень хорошо» – обучающийся продемонстрировал связное изложение практически всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий;

«Отлично» – обучающийся продемонстрировал связное изложение всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий повышенного уровня сложности;

«Превосходно» – обучающийся продемонстрировал уровень знаний в объеме, превышающем стандартную программу подготовки, и продемонстрировал творческий подход к выполнению практических заданий повышенного уровня сложности.

6.4 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции

6.4.1. При проведении экзамена предлагаются следующие контрольные вопросы, охватывающие программу дисциплины «Квантовая механика»:

1. Операторы физических величин в квантовой механике. Основные свойства операторов. Операторы координаты и импульса.
2. Законы сохранения в квантовой механике (интегралы движения).
3. Соотношение неопределенностей.
4. Оператор момента импульса.
5. Стационарное и нестационарное уравнение Шредингера. Уравнение непрерывности.
6. Прямоугольная потенциальная яма. Стационарные состояния.
7. Прямоугольная потенциальная яма и барьер. Коэффициент прозрачности.
8. Гармонический осциллятор. Волновая функция и спектр.
9. Гармонический осциллятор. Операторы рождения и уничтожения.
10. Общие свойства одномерного движения.
11. Изменение квантовых состояний во времени. Функция Грина свободной частицы.

12. Движение в центральном поле. Интегралы движения.
13. Атом водорода. Спектр энергий. Классификация состояний.
14. Движение бесспиновой частицы в постоянном однородном магнитном поле.
15. Импульсное представление. Матричная формулировка квантовой механики.
16. Стационарная теория возмущений для невырожденных уровней.
17. Стационарная теория возмущений при наличии вырождения.
18. Возмущения, зависящие от времени.
19. Вероятность перехода в непрерывный спектр под влиянием периодического возмущения.
20. Взаимодействие поля с веществом. Понятие о спонтанном и вынужденном излучении. Правила отбора.
21. Квазиклассическое приближение. Волновые функции. Правила квантования Бора-Зоммерфельда.
22. Вариационный метод в квантовой механике.
23. Движение в периодическом поле. Теорема Блоха. Модель Кронига- Пенни.
24. Спин. Операторы спина. Собственные функции операторов проекций спина. Матрица поворота.
25. Прецессия спина в магнитном поле. Спиновый резонанс.
26. Тождественность частиц. Волновые функции фермионов и бозонов.
27. Теория рассеяния. Борновское приближение.
28. Уравнение Дирака. Решение уравнения Дирака для свободной частицы. Позитрон.

6.4.2. Примеры практических заданий для практических занятий, самостоятельной работы обучающихся, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации:

1. Найти частное решение временного уравнения Шредингера для свободно движущейся частицы массы m .
2. В некоторый момент времени частица находится в состоянии, описываемом волновой функцией, координатная часть которой имеет вид

$$\psi(x) = A \exp\left(-\frac{x^2}{a^2} + ikx\right),$$
 где A и a - некоторые постоянные, а k - заданный параметр, имеющий размерность обратной длины. Найдите для данного состояния средние значения координаты $\langle x \rangle$ и проекции импульса частицы $\langle p_x \rangle$.
3. Частица находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной a с бесконечно высокими стенками. В каких точках интервала $0 < x < a$ плотность вероятности обнаружения частицы одинакова для основного и второго возбуждённого состояний?
4. Найти уровни энергии частицы в поле:

$$U(x) = \begin{cases} \infty, & x < 0, x > a \\ -U_0 \delta(x - a/2), & 0 < x < a \end{cases}$$

Изобразить волновую функцию основного и первого возбужденного состояний.

5. Какие значения энергии и с какой вероятностью можно получить при измерении у частицы, находящейся в бесконечно-глубокой яме шириной a в состоянии

$\Psi(x, t=0) = C \sin^3(8\pi x/a)$? Найти волновую функцию в произвольный момент времени.

6. Волновая функция линейного гармонического осциллятора с массой m и частотой ω имеет вид:
- $$\Psi(x, t=0) = C (\varphi_2(x) + 2\varphi_3(x)),$$

где $\varphi_n(x)$ – собственные функции гамильтониана. Найти среднее значение потенциальной энергии в момент времени t в этом состоянии. Является ли это состояние стационарным?

7. Частица находится в двумерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Координаты x и y частицы лежат в пределах $0 < x < a$, $0 < y < b$, где a и b – стороны ямы. Определите вероятность нахождения частицы с наименьшей энергией в области: а) $0 < x < \frac{a}{4}$; б) $0 < y < \frac{b}{4}$; в) $0 < x < \frac{a}{4}, 0 < y < \frac{b}{4}$
8. Пользуясь решением задачи о гармоническом осцилляторе, найдите энергетический спектр частицы массой m_0 в потенциальной яме вида

$$U(x) = \begin{cases} \infty, & x < 0 \\ kx^2, & x > 0 \end{cases} \quad \text{Здесь } k = m_0 \omega_0^2, \text{ а } \omega_0 - \text{собственная частота гармонического осциллятора.}$$

9. Волновая функция основного состояния электрона в атоме водорода имеет вид $\psi(r) = A \exp\left(-\frac{r}{a}\right)$, где r – расстояние электрона до ядра, a – боровский радиус.

Определите наиболее вероятное расстояние $r_{\text{вер}}$ электрона от ядра.

10. Определите возможные результаты измерений квадрата модуля момента импульса L^2 для частицы, находящейся в состоянии, описываемой волновой функцией $\psi(\theta, \varphi) = A \sin \theta \cos \varphi$, где θ – полярный угол, φ – азимутальный угол, A – некоторая нормировочная постоянная.
11. Найти возможные значения энергии частицы m , находящейся в сферически-симметричной потенциальной яме $U(r) = 0$ при $r < r_0$ и $U(r_0) = \infty$, для случая, когда движение частицы описывается волновой функцией $\psi(r)$, зависящей только от радиуса r . Указание: При решении уравнения Шредингера воспользоваться подстановкой $\psi(r) = \frac{\chi(r)}{r}$.
12. Найти расщепление низшего вырожденного уровня атома водорода, обусловленное слабым возмущением вида $V(r) = k/r^2$ где r – переменная сферической системы координат.
13. Используя прямой вариационный метод, оценить энергию основного состояния частицы в поле $U(x) = U_0 |x|^3$ в классе пробных функций $\varphi(x, b) = A \exp(-b|x|)$, (b - вариационный параметр).
14. Найти квазиклассические уровни энергии частицы в поле $U(x) = kx^{2/3}$.
15. Заряженная частица находится в основном состоянии в кубе со стороной a с непроницаемыми стенками. В момент времени $t = -\infty$ включается электрическое

поле с напряженностью $E_x = E_0 / (1 + t^2 / \beta^2)$, $\beta = const$. Используя теорию возмущений, определить вероятность того, что при $t \rightarrow \infty$ частица окажется в первом возбужденном состоянии.

16. На плоский ротатор с моментом инерции I и дипольным моментом \vec{d} , находящийся в состоянии с $l_z = 4\hbar$, действует электрическое поле, лежащее в плоскости ротатора и изменяющееся со временем по закону $E = E_0 \exp(-\alpha t)$, $t > 0$. Найти вероятности различных значений l_z к моменту окончания действия поля.
17. При измерении проекции спина на ось z для электрона, находящегося в магнитном поле $\vec{H} = (H_0, 0, 0)$, было получено значение $S_z = \hbar/2$. Каков будет результат измерения этой проекции спустя время t ?
18. Для электрона в состоянии с $S_x = \hbar/2$ найти вероятности различных значений проекции спина на направление $\vec{n} = (\sqrt{8}/3, -1/3, 0)$.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

1. Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 №55-ОД.

2. Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1) Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. – Теоретическая физика Т.3. Квантовая механика (нерелятивистская теория). – М. – 1989. – 767 с. Фонд ФБ ННГУ, 15 экз.

<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=466692>

2) Левич В.Г., Вдовин Ю.А., Мямлин В.А. – Курс теоретической физики, Том II. – М.: Наука. – 1971. – 936 с. Фонд ФБ ННГУ, 15 экз.

<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=72317>

3) Давыдов А.С. – Квантовая механика

(М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит. – 1963. – 748 с. Фонд ФБ ННГУ, 10 экз.

<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=43508>;

М.: Наука. – 1973. – 703 с. Фонд ФБ ННГУ, 3 экз.

<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=70122>)

4) Флюгге З. – Задачи по квантовой механике, т. 1,2 – М.: Мир, 1974. – 341 с., 315с. Фонд ФБ ННГУ, 15 экз.

<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=70158>

<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=70159>

б) дополнительная литература:

1) Шифф Л.И. – Квантовая механика. – М.: Изд-во иностр. лит. – 1959. – 473 с. Фонд ФБ ННГУ, 6 экз.

<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=70608>

2) Блохинцев Д.И. – Основы квантовой механики. – СПб: «Лань». – 2004. – 672 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/619>

3) Демидович Б.П. – Математические основы квантовой механики. – СПб: «Лань». – 2005. – 200 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/604>

4) Елютин П.Б., Кривченков В.Д. – Квантовая механика (с задачами). – М.: Физматлит. – 2000. – 304 с. Режим доступа: ЭБС «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922100777.html>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Интернет-ресурсы Фундаментальной библиотеки ННГУ <http://www.lib.unn.ru/>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины обусловлено наличием учебных аудиторий для проведения занятий, оборудованных специализированной мебелью, меловыми или магнитно-маркерными досками для представления учебной информации большой аудитории. Ресурс мела и маркеров для доски в учебных аудиториях регулярно возобновляется.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся (на базе Фундаментальной библиотеки ННГУ) оснащены компьютерной техникой с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями установленного ННГУ образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Автор, доцент кафедры теоретической физики к.ф.-м.н., доцент Г.М. Максимова

Рецензент:

заведующий кафедрой физики полупроводников, электроники и нанoeлектроники
д.ф.-м.н., профессор Д.А. Павлов

Заведующий кафедрой теоретической физики д.ф.-м.н., доцент В.А. Бурдов

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета ННГУ, протокол б/н от «20» мая 2023 г.

Председатель

Учебно-методической комиссии

физического факультета ННГУ, к.ф.-м.н. А.А. Перов