

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 6 от 31.05.2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Квантовая теория

Уровень высшего образования

Специалитет

Направление подготовки / специальность

11.05.02 - Специальные радиотехнические системы

Направленность образовательной программы

Радиотехнические системы и комплексы сбора и обработки информации

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.24 Квантовая теория 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 использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии	ОПК-1.1: Разбирается в основных разделах математических и естественнонаучных дисциплин. ОПК-1.2: Применяет основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований	ОПК-1.1: Знать: основные разделы математических и естественнонаучных дисциплин Уметь: разбираться в основных разделах математических и естественнонаучных дисциплин Владеть: навыками применения знаний по математическим и естественнонаучным дисциплинам при решении практических задач ОПК-1.2: Знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований Уметь: применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований Владеть: навыками применения основных законов	Задания	Зачёт: Задачи

		естественнонаучных дисциплин, методов математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	43
Промежуточная аттестация	0 зачёт

3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		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	
	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0
Волновая функция.	18	6	6	12	6
Операторы.	30	10	10	20	10
Одновременная измеримость величин.	14	4	4	8	6
Момент импульса. Спин. Движение в центрально-симметричном поле.	23	6	6	12	11
Уравнение Шредингера. Теория возмущений.	22	6	6	12	10
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	32	65	43

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды:

- разбор лекционного материала,
- изучение дополнительных разделов дисциплины с использованием учебной литературы.

Темы практических занятий, по которым дается домашнее задание:

1. Свойства операторов. Определение спектра собственных значений и собственных векторов некоторых операторов.
2. Вычисление вероятностей измерения физических величин в квантовых состояниях.
3. Прохождение частицы через потенциальный барьер.
4. Уровни энергии и волновые функции частицы, находящейся в потенциальной яме с бесконечными стенками.
5. Средние значения энергии, импульса, координаты частицы в различных состояниях.
6. Уровни энергии и волновые функции гармонического осциллятора.
7. Момент импульса частицы. Коммутационные соотношения различных проекций момента импульса. Сложение моментов.
8. Матричное представление операторов. Спин частицы.
9. Движение частиц в центрально-симметричном поле. Уровни энергии и волновые функции электрона в атоме водорода.
10. Теория возмущений. Эффект Штарка в атоме водорода и гармоническом осцилляторе. Нормальный и аномальный эффекты Зеемана. Переходы под действием импульса электрического поля. Правила отбора.

Выполнение домашних заданий проверяется на занятиях. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы – основная и дополнительная литература.

Вопросы, которые должны быть проработаны в ходе самостоятельной работы

1. Собственные функции и собственные числа операторов квадрата спина и одной из его проекций.
2. Сложение двух моментов. Квантовые числа суммарного момента.
3. Движение частиц в центрально-симметричном поле. Интегралы движения. Полный набор физических величин и их общие собственные функции. Стационарное уравнение Шредингера для радиальной составляющей волновой функции. Асимптотика уравнения на малых и больших расстояниях. Движение электрона в кулоновском потенциале. Спектр энергии и свойства стационарных состояний. Вывод уровней. Спектроскопические обозначения для состояний в атоме водорода. Радиальные волновые функции. Полиномы Лагерра.
4. Переходы под воздействием периодического возмущения. Асимптотика вероятности перехода в единицу времени. Закон сохранения энергии при квантовых переходах. Квантовые переходы под влиянием постоянного во времени возмущения. Полная вероятность перехода в единицу времени. Плотность конечных состояний. “Золотое правило” Ферми.

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 - Задания) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Волновая функция некоторой системы в сферических координатах определяется выражением (A – нормировочная константа): $\psi(r, \theta, \varphi) = AR(r)(1 + \cos \theta)$, причем $\int_0^\infty R^2(r)r^2 dr = 1$. Чему равно среднее значение проекции момента импульса L_z в этом состоянии?

2. В первом порядке теории возмущений найти сдвиг энергии основного состояния частицы в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной a под действием возмущения $\hat{V} = \alpha \delta(x)$. α – константа, $\delta(x)$ – дельта-функция Дирака.

3. Волновая функция некоторой системы в сферических координатах определяется выражением (A – нормировочная константа): $\psi(r, \theta, \varphi) = AR(r) \sin^2 \theta \sin 2\varphi$, причем $\int_0^\infty R^2(r)r^2 dr = 1$. Какие значения квадрата момента импульса и его проекции на ось z могут быть измерены в этом состоянии?

4. В первом порядке теории возмущений найти сдвиг энергии основного состояния гармонического осциллятора под действием возмущения $\hat{V} = \alpha \hat{x} \hat{p}$. α – константа. Прим. Используйте операторы рождения и уничтожения.

5. В первом порядке теории возмущений найти сдвиг энергии основного состояния гармонического осциллятора под действием возмущения $\hat{V} = \alpha \hat{p} \hat{x}$. α – константа. *Примечание.* Используйте операторы рождения и уничтожения.

6. В опыте Штерна-Герлаха (магнитное поле направлено вдоль оси Z) электроны в пучке обладают спином, направленным противоположно оси Z . Сколько пучков будет на экране. Ответ обосновать.

7. Волновая функция некоторой системы в сферических координатах определяется выражением $\psi(r, \theta, \varphi) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} R(r, \theta) \sin \varphi$. Какие значения проекции момента импульса на ось z могут быть измерены в этом состоянии и с какой вероятностью?

8. В первом порядке теории возмущений найти сдвиг энергии основного состояния гармонического осциллятора под действием возмущения $\hat{V} = \alpha \hat{x}^2$. α – константа. *Примечание.* Используйте операторы рождения и уничтожения.

9. Волновая функция некоторой системы в сферических координатах определяется выражением $\psi(r, \theta, \varphi) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} R(r, \theta) \sin \varphi$. Каковы среднее значения и дисперсия проекции момента импульса на ось z в этом состоянии?

10. Спиновое состояние частицы со спином $\frac{1}{2}$ описывается нормированной волновой функцией вида $\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$. Чему равно среднее значение проекции спина на ось y в этом состоянии?

11. В первом порядке теории возмущений найти сдвиг энергии основного состояния гармонического осциллятора под действием возмущения $\hat{V} = \alpha \hat{p}^2$. α – константа. Прим. Используйте операторы рождения и уничтожения.

12. Спиновое состояние частицы со спином $\frac{1}{2}$ описывается нормированной волновой функцией вида $\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$. Чему равно среднее значение проекции спина на ось x в этом состоянии?

13. Волновая функция некоторой системы в сферических координатах определяется выражением $\psi(r, \theta, \varphi) = R(r) \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \sin \theta \cos \varphi$. Какие значения квадрата момента импульса и его проекции на ось z могут быть измерены в этом состоянии и с какой вероятностью?

14. В первом порядке теории возмущений найти сдвиг энергии основного состояния гармонического осциллятора под действием возмущения $\hat{V} = \alpha \delta(x)$. α – константа.

15. Волновая функция некоторой системы в сферических координатах определяется выражением (A – нормировочная константа): $\psi(r, \theta, \varphi) = AR(r) \sin^2 \theta \sin 2\varphi$, причем $\int_0^\infty R^2(r) r^2 dr = 1$. Чему равно среднее значение проекции момента импульса L_z в этом состоянии?

16. Спинное состояние частицы со спином $\frac{1}{2}$ описывается нормированной волновой функцией вида $\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$. Чему равно среднее значение проекции спина на ось z в этом состоянии?

17. Волновая функция некоторой системы в сферических координатах определяется выражением $\psi(r, \theta, \varphi) = R(r) \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \sin \theta \cos \varphi$. Каковы среднее значение и дисперсия квадрата момента импульса и его проекции на ось z в этом состоянии?

18. Волновая функция состояния квантовой частицы имеет вид $\Psi(x) = \varphi(x) e^{\frac{ip_0 x}{\hbar}}$, где $\varphi(x)$ – действительная функция, нормированная к единице (т.е. $\int_{-\infty}^{\infty} \varphi^2(x) dx = 1$). Найти среднее значение импульса частицы.

19. В одномерной прямоугольной потенциальной яме с абсолютно непроницаемыми стенками и шириной a находится электрон, состояние которого описывается волновой функцией $\Psi_2(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{2\pi x}{a}$. Определить вероятность обнаружения электрона в области $\frac{3}{8}a \leq x \leq \frac{5}{8}a$.

20. В опыте Штерна-Герлаха (магнитное поле направлено вдоль оси Z) электроны в пучке обладают спином, направленным по оси Y . Сколько пучков будет на экране. Ответ обосновать.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.	Уровень знаний ниже минимальных требований.	Минимально допустимый уровень	Уровень знаний в объеме, соответствующему	Уровень знаний в объеме, соответствующему	Уровень знаний в объеме, соответствующему	Уровень знаний в объеме, превышающему

	Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Имели место грубые ошибки	знаний. Допущено много негрубых ошибок	ющем программе подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	ющем программе подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок	ующем программе подготовк и. Ошибок нет.	м 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 отдельными 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 некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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

5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Оценочное средство - Задачи

Зачёт

Критерии оценивания (Задачи - Зачёт)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

Типовые задания (Задачи - Зачёт) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

(Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии)

Волновая функция. Принцип суперпозиции. Операторы физических величин. Вычисление средних значений.

1. В первом состоянии гармонического осциллятора ($n = 1$) вычислить наиболее вероятное значение координаты.

2. При измерении проекции момента импульса L_z в некотором состоянии получили среднее значение $\langle L_z \rangle = 3\hbar/7$. Пользуясь шаровыми функциями $Y_{lm}(\theta, \varphi)$, напишите хотя бы одну волновую функцию, которая описывала бы такое состояние.

3. Электрон в атоме водорода находится в состоянии $\psi(r, \theta, \varphi) = \frac{1}{\sqrt{\pi a^3}} e^{-\frac{r}{a}}$. Вычислить среднее значение кинетической энергии электрона.

4. В одномерной прямоугольной потенциальной яме с абсолютно непроницаемыми стенками и шириной a находится электрон, состояние которого описывается волновой функцией $\Psi(x) = \sqrt{\frac{8}{3a}} \sin^2 \frac{\pi x}{a}$. Определить вероятность пребывания электрона в основном состоянии.

5. Электрон в атоме водорода находится в состоянии $\psi(r, \theta, \varphi) = \frac{1}{\sqrt{\pi a^3}} e^{-\frac{r}{a}}$. Вычислить среднее расстояние электрона от ядра.

6. Электрон в атоме водорода находится в состоянии $\psi(r, \theta, \varphi) = \frac{1}{\sqrt{\pi a^3}} e^{-\frac{r}{a}}$. Вычислить среднее значение потенциальной энергии электрона.

7. Частица находится в одномерной потенциальной яме шириной a с бесконечными стенками в состоянии $\Psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{\pi n x}{a}$. Найти среднее значение и дисперсию импульса p_x .

Момент импульса. Спин электрона. Матричное представление.

8. При измерении проекции момента импульса L_z в некотором состоянии получили среднее значение $\langle L_z \rangle = \hbar/2$. Пользуясь шаровыми функциями $Y_{lm}(\theta, \varphi)$, напишите хотя бы одну волновую функцию, которая описывала бы такое состояние.

9. Найти дисперсию проекции спина на ось y в состоянии $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} i \\ -1 \end{pmatrix}$.

10. Волновая функция некоторой системы в сферических координатах определяется выражением (А – нормировочная константа): $\psi(r, \theta, \varphi) = AR(r) \cos \theta (1 + \sin \theta \sin \varphi)$, причем $\int_0^\infty R^2(r) r^2 dr = 1$. Чему равно среднее значение проекции момента импульса L_z в этом состоянии?

11. В опыте Штерна-Герлаха (магнитное поле направлено вдоль оси Z) электроны в пучке обладают спином, направленным по оси X . Сколько пучков будет на экране. Ответ обосновать.

12. Найти дисперсию проекции спина на ось z в состоянии $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$.

13. Найти дисперсию проекции спина на ось x в состоянии $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} i \\ 1 \end{pmatrix}$.

14. Волновая функция некоторой системы в сферических координатах определяется выражением (А – нормировочная константа): $\psi(r, \theta, \varphi) = AR(r)(1 + \cos \theta)$, причем $\int_0^\infty R^2(r) r^2 dr = 1$. Какие значения квадрата момента импульса и его проекции на ось z могут быть измерены в этом состоянии?

15. При измерении проекции момента импульса L_z в некотором состоянии получили среднее значение $\langle L_z \rangle = -2\hbar$. Пользуясь шаровыми функциями $Y_{lm}(\theta, \varphi)$, напишите хотя бы одну волновую функцию, которая описывала бы такое состояние.

16. Волновая функция некоторой системы в сферических координатах определяется выражением (A – нормировочная константа): $\psi(r, \theta, \varphi) = AR(r) \sin \theta \cos \varphi$, причем $\int_0^\infty R^2(r)r^2 dr = 1$. Какие значения квадрата момента импульса и его проекции на ось z могут быть измерены в этом состоянии?

17. Волновая функция некоторой системы в сферических координатах определяется выражением (A – нормировочная константа): $\psi(r, \theta, \varphi) = AR(r) \sin 2\theta \cos \varphi$, причем $\int_0^\infty R^2(r)r^2 dr = 1$. Какие значения квадрата момента импульса и его проекции на ось z могут быть измерены в этом состоянии?

18. Волновая функция некоторой системы в сферических координатах определяется выражением (A – нормировочная константа): $\psi(r, \theta, \varphi) = AR(r) \cos \theta (1 + \sin \theta \sin \varphi)$, причем $\int_0^\infty R^2(r)r^2 dr = 1$. Какие значения квадрата момента импульса и его проекции на ось z могут быть измерены в этом состоянии?

Теория возмущений.

19. В первом порядке теории возмущений найти сдвиг энергии основного состояния электрона в атоме водорода $\psi_{100}(r, \theta, \varphi) = \frac{1}{\sqrt{\pi a^3}} e^{-\frac{r}{a}}$ под действием внешнего однородного электрического поля напряженностью E , направленного вдоль оси z .

20. В первом порядке теории возмущений найти сдвиг энергии основного состояния электрона в атоме водорода $\psi_{100}(r, \theta, \varphi) = \frac{1}{\sqrt{\pi a^3}} e^{-\frac{r}{a}}$ под действием внешнего однородного электрического поля напряженностью E , направленного вдоль оси y .

21. В первом порядке теории возмущений найти сдвиг энергии основного состояния электрона в атоме водорода $\psi_{100}(r, \theta, \varphi) = \frac{1}{\sqrt{\pi a^3}} e^{-\frac{r}{a}}$ под действием внешнего однородного электрического поля напряженностью E , направленного вдоль оси x .

22. С помощью теории возмущений найти сдвиг энергии основного состояния $\psi_1(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{\pi x}{a}$ электрона в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной a под действием внешнего однородного электрического поля напряженностью E .

23. Волновая функция некоторой системы в сферических координатах определяется выражением (A – нормировочная константа): $\psi(r, \theta, \varphi) = AR(r) \sin \theta \cos \varphi$, причем $\int_0^\infty R^2(r)r^2 dr = 1$. Чему равно среднее значение проекции момента импульса L_z в этом состоянии?

24. С помощью теории возмущений найти сдвиг энергии первого состояния $\psi_2(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{2\pi x}{a}$ электрона в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной a под действием внешнего однородного электрического поля напряженностью E .

25. С помощью теории возмущений найти сдвиг энергии второго состояния $\psi_3(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{3\pi x}{a}$ электрона в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной a под действием внешнего однородного электрического поля напряженностью E .

26. На частицу в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной a наложено возмущение вида $V(x) = V_0 \cos^2\left(\frac{\pi x}{a}\right)$. В первом порядке теории возмущений найти сдвиг энергии основного состояния $\psi_1(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{\pi x}{a}$.

27. На частицу в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной a наложено возмущение вида $V(x) = V_0 \sin^2\left(\frac{\pi x}{a}\right)$. В первом порядке теории возмущений найти сдвиг энергии основного состояния $\psi_1(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{\pi x}{a}$.

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

Основная литература:

1. Ландау Лев Давыдович. Теоретическая физика. Т. 3 : Квантовая механика. Нерелятивистская теория / Е. М. Лифшиц. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Физматгиз, 1963. - 702 с. - 20.00., 2 экз.

Дополнительная литература:

1. Блохинцев Д. И. Основы квантовой механики : [учеб. пособие для вузов]. - 6-е изд., стер. - М. : Наука, 1983. - 664 с. : ил. - 1.60., 15 экз.

2. 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.

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

Не используется

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 специальности 11.05.02 - Специальные радиотехнические системы.

Автор(ы): Шарков Валерий Валерьевич, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Маругин Алексей Валентинович, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 25 мая 2023 г., протокол № 04/23.