

*Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет имени Коста
Левановича Хетагурова»*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Математические задачи теории наноструктур»**

Направление подготовки 03.03.01 Прикладные математика и физика

Профиль подготовки
«Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии»

Квалификация (степень) выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

Год начала подготовки - 2025

Утверждена в составе ОПОП.

Владикавказ, 2025

1. Структура и общая трудоемкость дисциплины – 3з.е. (108 ч.)

	Очная форма обучения
Курс	3
Семестр	6
Лекции	36
Практические занятия	-
Лабораторные занятия	18
Консультации	-
Итого аудиторных занятий	54
Самостоятельная работа	54
Курсовая работа	-
Контроль	
Экзамен	-
Зачет	+
Общее количество часов	108

2. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины:

- освоение методов нахождения асимптотических решений уравнений низкоразмерных структур уравнений квантовой механики в искривленных квантовых волноводах типа тонких трубок и пленок, в графене, а также близких задач гидродинамики и оптики.

Задачи дисциплины:

- освоение методов теории функций от некоммутирующих операторов и их применения в адиабатическом приближении;
- применение методов предыдущего пункта для вывода эффективных (редуцированных) уравнений задач низкоразмерных структур квантовой и волновой механики;
- освоение асимптотических и геометрических методов построения быстроменяющихся асимптотических решений уравнений квантовой механики, в том числе в тонких трубках и пленках, уравнения Дирака для графена и близких уравнениях гидродинамики и оптики.

3. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Математические задачи теории наноструктур» относится к факультативным дисциплинам обязательной части ФТД 02.

4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесённых спланируемыми результатами освоения образовательной программы)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций и достижение следующих результатов обучения.

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения	Знать: Постановки задач для уравнений квантовой механики в низкоразмерных структурах (квантовых волноводах и графене) и близких линейных задач гидродинамики и оптики. Владеть: Элементарными конструктивными формулами теории функций от некоммутирующих операторов.
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки	Знать: Метод ВКБ и лучевые разложения. Адиабатическое приближение в операторной форме. Геометрические и топологические объекты, возникающие при построении быстроменяющихся асимптотик- лагранжевы многообразия в фазовых пространствах, индексы Маслова и Морса. Уметь: Работать с простейшими формулами теории функций от некоммутирующих операторов - вычислять символы произведения, обратного оператора. Проводить редукцию (процедуру понижения размерности) в задачах с низкоразмерными структурами. Находить асимптотические быстроменяющиеся реше-

		ния уравнений квантовой механики низкоразмерных структур и близкие асимптотические решения гидродинамики и оптики следующих задач. Для эволюционных уравнений: находить асимптотические решения задачи Коши с начальными условиями в виде быстроосциллирующих волновых пакетов и в виде быстроубывающих функций. Для стационарных задач находить квазиклассические спектральные серии (асимптотические собственные значения и функции) квантово-механических операторов и асимптотику задач рассеяния. Находить представления асимптотических решений в окрестности простейших фокальных точек и каустик. Владеть: Элементарными конструктивными формулами теории функций от некоммутирующих операторов. Квазиклассическим приближением и его обобщениями в многомерной ситуации для построения быстроизменяющихся решений эволюционных и стационарных задач уравнений квантовой механики и близких линейных задач гидродинамики и оптики.
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов	Знать: Определения асимптотических решений уравнений эволюционных и стационарных уравнений математической физики. Определения функций от некоммутирующих операторов, псевдодифференциальных операторов с параметром, определения символов дифференциальных и псевдодифференциальных

		х операторов. Определение канонического оператора Маслова. Условия квантования Бора-Зоммерфельда в многомерных задачах и его связь со спектром операторов квантовой механики.
--	--	---

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№	Наименование тем (вопросов), изучаемых по данной дисциплине	Занятия		Самостоятельная работа студентов		Формы контроля	Литература
		Лек	Прак	Содержание	часы		
1.	Адиабатическое приближение в операторной форме и понижение размерности в задачах физики наноструктур.	4	2	Подстановка Пайерлса и редукция к эффективным уравнениям меньшей размерности. Метод Борна-Оппенгеймера. Понижение размерности уравнения Дирака для графена. Вывод эффективного одномерного уравнения для двумерного квантового волновода переменной ширины. Восстановление решения исходного уравнения по решению редуцированного.	6	Устный опрос, доклад, решение задач, тестирование	[1-10]
2.	Асимптотики решения дифференциальных и псевдодифференциальных уравнений с помощью канонического оператора Маслова.	4	2	Одномерная задача рассеяния в квазиклассическом приближении. Квазиклассические асимптотики для связанных состояний. Переменные действие-угол. Классификация классических финитных движений с помощью графа Роба. Условие квантования Бора-Зоммерфельда и асимптотика спектра (псевдо) дифференциальных операторов в одномерном	6	Устный опрос, доклад, решение задач, тестирование	[1-10]

				случае. Периодическая задача для уравнения Шредингера и асимптотика блоховских функций.			
3.	Асимптотики решения задачи о распространении волновых пакетов, задачи рассеяния и спектральных задач в нанотрубках и графене. Фаза Берри.	4	2	Ловушечные моды в нанотрубках и графене. Баллистический транспорт в нанотрубках. Трехмерный квантовый волновод в магнитном поле: редуцированное уравнение на оси трубки и спектр исходного оператора Шредингера	6	Устный опрос, доклад, решение задач, тестирование	[1-10]
4.	Лагранжевы многообразия и канонический оператор Маслова в одномерном случае.	4	2	Определение канонического оператора Маслова. Инвариантность определения канонического оператора условие квантования Оразоммерфельда. Канонический оператор Маслова в окрестности фокальных точек и функция Эйри.	6	Устный опрос, доклад, решение задач, тестирование	[1-10]
5.	Математические постановки задач квантовой механики низкоразмерных структур.	4	2	Жесткие и мягкие стенки. Разделение переменных и уменьшение размерности для прямолинейных волноводов и безмассового уравнения Дирака для графена в специальных случаях	6	Устный опрос, доклад, решение задач, тестирование	[1-10]
6.	Метод ВКБ для уравнений квантовой механики.	4	2	Точные решения с квадратичной фазой, их комплексификация и «регуляризованная» функция Грина. Функция Грина и преобразование Фурье. Обход фокуса и индексы Морса и Маслова. Метод стационарной фазы в одномерном случае. Преобразование Фурье от ВКБ-решения, связанного с лагранжевым	6	Устный опрос, доклад, решение задач, тестирование	[1-10]

				многообразием			
7.	Функции от некоммутирующих операторов и псевдодифференциальные уравнения.	4	2	Определения через ряды Тейлора и преобразование Фурье. Квантование символов по Фейнману-Маслову и Вейлю. Азбука псевдодифференциальных операторов. Формула символа произведения. Формула коммутации ПДО с быстроосциллирующей экспонентой. Формула коммутации ПДО и канонического оператора Маслова.	6	Устный опрос, доклад, решение задач, тестирование	[1-10]
8.	Асимптотика волновых пакетов и волновых пучков. Формула Ван Флека.	4	2	Обобщенная формула Ван Флека. Трехмерное волновое уравнение для волновых пучков и его обобщения с учетом дисперсии. Бесселевы, Эйри-Бесселевы пучки и их обобщения.	6	Устный опрос, доклад, решение задач, тестирование	[1-10]
9.	Волны и вихри малой амплитуды на мелкой воде.	4	2	Обобщенный канонический оператор Маслова и локализованные функции с параметром. Метаморфоза решения, распространение волн. Пространственно-временные каустики. Образование захваченных волн. Фокальные точки и вихри	6	Устный опрос, доклад, решение задач, тестирование	[1-10]
Итого		36	18		54		

Примечания:

- Все виды учебной работы могут проводиться дистанционно на основании локальных нормативных актов.
- В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по индивидуальной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины может осуществляться через индивидуальные консультации преподавателя очно, в часы консультаций, по электронной почте, а также платформы дистанционного обучения Moodle, личный кабинет студента на сайте СОГУ, других элементов ЭИОС СОГУ.

6. Образовательные технологии

Согласно учебному плану в ходе преподавания дисциплины используются традиционные образовательные технологии: лекции, семинарские занятия, самостоятельная работа студентов.

Также при проведении занятий и самостоятельной работе студентов могут быть использованы:

- *интерактивные технологии* («мозговой штурм», дебаты, коллоквиумы, презентационный метод, работа в группах и др.);
- *технологии контекстного обучения* – система дидактических форм, методов и средств, направленная на моделирование содержания будущей профессиональной деятельности специалиста (анализ конкретных ситуаций, методы работы с информационными базами данных, моделирование исторических ситуаций и др.);
- *технологии электронного обучения* (реализуется при помощи электронной образовательной среды СОГУ при использовании ресурсов ЭБС, при проведении автоматизированного тестирования и т. д.).

Все виды учебной работы могут проводиться дистанционно на основании локальных нормативных актов.

В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по индивидуальной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение дисциплины может осуществляться через индивидуальные консультации преподавателя очно, в часы консультаций, по электронной почте и с использованием платформ дистанционного обучения (ЭИОС СОГУ).

7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающихся является одним из видов учебных занятий. Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развития исследовательских умений.

К видам самостоятельной работы при изучении данной дисциплины относится: написание докладов, подготовка презентаций, самостоятельное изучение литературы по теме и составление по ней конспектов, работа со справочными материалами (терминологическими и иными словарями, энциклопедиями) и т.д.

Темы и формы внеаудиторной самостоятельной работы, ее трудоёмкость содержатся в разделе 5, табл. 5.1.

Методические рекомендации по дисциплине прилагаются.

Методические рекомендации по выполнению контрольной работы

Критерии оценки контрольной работы могут быть как общие, так и частные. К общим критериям можно отнести следующие:

- соответствие контрольной работы теме;
- глубина и полнота раскрытия темы;
- адекватность передачи содержания первоисточника; логичность, связность; доказательность;
- структурная упорядоченность (наличие введения, основной части, заключения, их оптимальное соотношение);
- оформление (наличие плана, списка литературы, культура цитирования, сноски и т. д.); языковая правильность.

Частные критерии относятся к конкретным структурным частям контрольной работы: введению, основной части, заключению.

1. Критерии оценки введения: наличие обоснования выбора темы, ее актуальности; наличие сформулированных целей и задач работы; наличие краткой характеристики первоисточников.

2. Критерии оценки основной части: структурирование материала по разделам, параграфам, абзацам; наличие заголовков к частям текста и их соответствие содержанию; проблемность и разносторонность в изложении материала; выделение в тексте основных понятий и терминов, их толкование; наличие примеров, иллюстрирующих теоретические положения.

3. Критерии оценки заключения: наличие выводов по результатам анализа; выражение своего мнения по проблеме; наличие приложения: рисунков и схем (при необходимости).

Все требования к контрольной работе сообщаются задолго до его написания. Общая оценка за контрольную работу выставляется следующим образом: от 65% до 80% - «удовлетворительно»; 80-90% - «хорошо»; 90-100% - «отлично».

Методические указания для преподавателей по проведению практических занятий

В начале занятия рекомендуется рассмотреть соответствующий теоретический материал. Затем идет практический разбор изучаемого материала, решаются задачи из сборников по введению в языкознание, разбирается каждый конкретный пример.

В начале практического занятия следует обратить на теоретические вопросы по теме занятия. Первоначально идет изложение теоретического материала темы занятия. Затем в ряде вопросов преподавателя следует сконцентрировать внимание на основных идеях темы занятия. Вопросы должны включать в себя различные вариации элементарных ситуаций, отображающих основные идеи темы занятия в их взаимной взаимосвязи. Задаваемые вопросы должны быть конкретными и максимально проявлять в студентах их сообразительность.

После предварительной части следует начинать разбирать вопросы, имеющие более длинные сценарии взаимодействия основных идей темы занятия.

Устный опрос требует от преподавателя большой предварительной подготовки: тщательного отбора содержания, всестороннего продумывания вопросов, задач и примеров, которые будут предложены, путей активизации деятельности всех студентов группы в процессе проверки, создания на занятии деловой и доброжелательной обстановки.

Различают фронтальный, индивидуальный и комбинированный опрос.

Фронтальный опрос проводится в форме беседы преподавателя с группой. Он органически сочетается с повторением пройденного, являясь средством для закрепления знаний и умений. Его достоинство в том, что на активную умственную работу можно вовлечь всех студентов группы. Для этого вопросы должны допускать краткую форму ответа, быть лаконичными, логически взаимосвязанными друг с другом, даны в такой последовательности, чтобы ответы студентов в совокупности могли раскрыть содержание раздела, темы. С помощью фронтального опроса преподаватель имеет возможность проверить выполнение студентами домашнего задания, выяснить готовность группы к изучению нового материала, определить сформированность основных понятий, усвоение нового учебного материала, который был только что разобран на занятии.

Индивидуальный опрос предполагает обстоятельные, связные ответы студентов на вопрос, относящийся к изучаемому учебному материалу, поэтому он служит важным учебным средством развития речи, памяти, мышления студентов. Чтобы сделать такую проверку более глубокой, необходимо ставить перед студентами вопросы, требующие развернутого ответа.

Вопросы для индивидуального опроса должны быть четкими, ясными, конкретными, емкими, иметь прикладной характер, охватывать основной, ранее пройденный материал программы. Их содержание должно стимулировать студентов логически мыслить, сравнивать, анализировать, доказывать, подбирать убедительные примеры, устанавливать

причинно-следственные связи, делать обоснованные выводы и этим способствовать объективному выявлению знаний студентов.

Вопросы обычно задают всей группе и после небольшой паузы, необходимой для того, чтобы студенты поняли его и приготовились к ответу, вызывают для ответа конкретного студента.

Письменная проверка, наряду с устной, является важнейшим методом контроля знаний, умений и навыков студентов. Однородность работ, выполняемых студентами, позволяет предъявлять ко всем одинаковые требования, попытаться объективность оценки результатов обучения. Применение этого метода дает возможность в наиболее короткий срок одновременно проверить усвоение учебного материала всеми студентами группы, определить направления для индивидуальной работы с каждым.

Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе (выполнение домашних заданий).

8. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, рубежной аттестации и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Рабочая программа предусматривает проведение лекционных и практических занятий, а также следующие виды работ: самостоятельную работу студентов по подготовке устных сообщений, написанию докладов, подготовку презентаций и обсуждений по темам дисциплины - работу в активной и интерактивной формах.

Рабочая программа предполагает текущий и промежуточный контроль знаний.

Текущий контроль – это непрерывно осуществляемый мониторинг уровня усвоения знаний и формирования умений и навыков в течение семестра или учебного года. Текущий контроль знаний, умений и навыков студентов осуществляется в ходе учебных (аудиторных) занятий, проводимых по расписанию. Формами текущего контроля выступают опросы на занятиях с целью проверки наличия знаний, необходимых для усвоения нового материала или для выяснения степени усвоения изложенного материала; рефераты, доклады, презентации, контрольные работы и др.

Рубежный контроль осуществляется по окончании изучения материала в конце семестра в заранее установленное время. Рубежный контроль проводится с целью определения качества усвоения материала учебного модуля или дисциплины в целом.

8.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

Основными формами *текущего контроля* знаний по дисциплине являются:

- выполнение практических работ;
- задания по теме, вынесенной на самостоятельное изучение;
- проверка домашнего конспекта.

Форма *рубежного контроля*: тест

Формы *промежуточной аттестации*: зачет/экзамен.

Формы контроля и критерии оценивания

Эт ап	Форма контро- ля	Критерии оценивания (процент от максимального кол-ва баллов)			
		86-100 %	71–85%	50–70%	Менее 50%
		отлично / зачет	хорошо / зачет	удовлетвори- тельно / зачет	неудовлетвори- тельно / незачет
1. Текущий контроль (max 40 баллов)					
		33–37 баллов	28–32 баллов	19–27 баллов	0–18 баллов
	Текущая работа в течение модуля (max 37	Студент актив- но работает на занятиях, пре- восходно вы- полняет все за-	Студент актив- но работает на занятиях, хоро- шо выполняет задания препода-	Студент недо- статочно актив- но работает на занятиях, удовлетвори-	Студент недоста- точно активно работает на заня- тиях, неудовле- творительно вы-

	б.)	дания преподавателя.	давателя.	тельно выполняет задания преподавателя.	полняет задания преподавателя.
		3 балла	2 балла	1 балл	0 баллов
	Реферат / доклад / конспект (маx 3б.)	Тема полностью раскрыта. Превосходное владение материалом. Высокий уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Превосходный стиль изложения.	Тема в основном раскрыта. Хорошее владение материалом. Средний уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Хороший стиль изложения.	Тема частично раскрыта. Удовлетворительное владение материалом. Низкий уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Удовлетворительный стиль изложения.	Тема не раскрыта. Неудовлетворительное владение материалом. Недостаточный уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Неудовлетворительный стиль изложения.
2. Рубежный контроль (30 б.)					
	тест/контрольная работа	Количество баллов за выполнение каждого задания указываются в тесте/контрольной работе.			
3. Промежуточная аттестация по дисциплине – 30 баллов					
		Критерии оценивания (процент от максимального кол-ва баллов)			
		86–100 %	71–85%	50–70%	0–49 %
	Зачет/Экзамен	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию студента.	Дан полный ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Но допущены незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.	Дан недостаточно полный ответ. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Речевое оформление требует поправок, коррекции.	Не получены ответы по базовым вопросам дисциплины или дан неполный ответ и допущены грубые ошибки. Речь неграмотная. Уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

Пересчет полученной суммы баллов по дисциплине в оценку производится в соответствии с действующим локальным нормативным актом.

8.2. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов для сдачи зачета:

1. Метод ВКБ для уравнения Шредингера. Вывод уравнений Гамильтона-Якоби и

переноса

2. Гамильтоновы системы и интегрирование уравнений Гамильтона-Якоби и переноса. Лагранжевы многообразия (кривые), канонические преобразования, фокальные точки.

3. Асимптотика функции Грина для уравнения Шредингера для гармонического осциллятора.

4. Метод стационарной фазы и операция обхода фокуса.

5. Индекс Маслова на одномерной кривой. Определение канонического оператора Маслова на незамкнутой и замкнутой кривой.

6. Инвариантность определения канонического оператора и условие квантования Бора-Зоммерфельда. Свойства канонического оператора и замены переменных. Реализация канонического оператора Маслова в окрестности фокальных точек. Функция Эйри

7. Функции от некоммутирующих операторов и псевдодифференциальные операторы с параметром. Символ произведения псевдодифференциальных операторов и формула коммутации с каноническим оператором.

8. Уравнения с операторнозначным символом. Адиабатическое приближение в операторной форме. Вывод эффективных гамильтонианов для уравнения Дирака для графена. Понижение размерности и вывод одномерных редуцированных уравнений для квантовых волноводов.

10. Общая схема решения задачи Коши. Асимптотика распространяющихся волновых пакетов. Решение задачи Коши с локализованным начальным условием и формула типа Ван Флека. Решение Берри-Балажа. Применение к нестационарной квантовой динамике электрона в нанотрубках.

11. Стационарные задачи и инвариантные лагранжевы многообразия. Квазиклассическая задача рассеяния. Отражение волновых пакетов зауженными концами нанотрубок.

12. Квазиклассическая асимптотика связанных состояний. Классификация спектра с помощью графа Рибба. Структура спектра замкнутой нанотрубки переменного сечения с параболическим потенциалом конформента.

13. Адиабатическое и квазиклассическое приближение в векторном случае на примере уравнения Паули-Брычкова-Рашбы в нанотрубках,

14. Многомерные лагранжевы многообразия и их свойства. Фаза, якобины и функции на лагранжевых многообразиях. Гамильтоновы системы и фазовые потоки. Канонические преобразования лагранжевых многообразий.

15. Определение индекса и канонический оператор Маслова в многомерном случае. Условие квантования Бора-Зоммерфельда в многомерном случае.

16. Асимптотика волновых пакетов и волновых пучков. Формула типа формулы Ван Флека в многомерном случае. Бесселевы и Эйри-Бесселевы пучки.

17. Асимптотика задачи рассеяния для двумерного уравнения Дирака для графена. Фаза Берри.

18. Связные состояния в графене и в нанопленках.

Примеры билетов:

Билет 1

1. Метод ВКБ для уравнения Шредингера. Вывод уравнений Гамильтона-Якоби и переноса

2. Уравнения с операторнозначным символом. Адиабатическое приближение в операторной форме. Вывод эффективных гамильтонианов для уравнения Дирака для гра-

фена. Понижение размерности и вывод одномерных редуцированных уравнений для квантовых волноводов.

Билет 2

1. Лагранжевы многообразия (кривые), канонические преобразования, фокальные точки.

2. 10.Общая схема решения задачи Коши. Асимптотика распространяющихся волновых пакетов. Решение задачи Коши с локализованным начальным условием и формула типа Ван Флека. Решение Берри-Балажа. Применение к нестационарной квантовой динамике электрона в нанотрубках.

Билет 3

1. Асимптотика функции Грина для уравнения Шредингера для гармонического осциллятора.

2. Стационарные задачи и инвариантные лагранжевы многообразия. Квазиклассическая задача рассеяния. Отражение волновых пакетов зауженными концами нанотрубок.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента.

В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и семинарах;
- подготовку к семинарам, коллоквиумам, экзамену.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций. Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач. При решении задач каждое действие необходимо аргументировать, ссылаясь на известные теоретические сведения. Значительно облегчить решение задачи может хорошо выполненный чертеж, если он соответствует условию задачи (прямой угол нарисован прямым, равнобедренный треугольник - равнобедренным и т. д. При подготовке к семинарам необходимо повторять ранее изученные основные определения, формулировки теорем. В начале занятия, как правило, проводится короткий (10-15 минут) опрос по материалу прошедших занятий в устной или письменной форме. Обычно придерживаются следующей схемы: изучение материала лекции по конспекту в тот же день, когда была прослушана лекция (10-15 минут); повторение материала накануне следующей лекции (10-15 минут), проработка учебного материала по конспектам лекций, учебной и научной литературе, подготовка ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения (1 час неделю), подготовка к семинару, решение задач (1 час). Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору или преподавателю, ведущему семинары.

Обязательным требованием является выполнение домашних работ, которые оформляются в специально отведённой для этого тетради и систематически сдаются на проверку. Промежуточный контроль знаний проводится в виде коллоквиумов, на которых студенту предлагается письменно ответить на теоретический вопрос и решить две задачи

по теме коллоквиума, а также студенту в ходе освоения курса необходимо выполнить две домашних индивидуальных работы с их последующей защитой.

10. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Квазиклассическое приближение для уравнений квантовой механики [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / В. П. Маслов, М. В. Федорюк .— М. : Наука, 1976 .— 296 с.
2. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 3 : Квантовая механика. Нерелятивистская теория : учеб. пособие для вузов: рек. М-вом образования РФ / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского .— 6-е изд., испр. — М. :Физматлит, 2008 .— 800 с.
3. Операторные методы [Текст] : учеб. руководство для вузов по спец. "Прикладная математика" / В. П. Маслов .— М. : Наука, 1973 .— 543 с.
4. В.П.Маслов,Асимптотические методы и теория возмущений, Москва, Наука, 1988
5. В.М. Бабич, В.С.Булдырев, И.А.Молотков, Пространственно лучевой метод, из-во Ленинградского государственного университета, 1985
6. В. Назайкинский, Б. Стернин, В. Шаталов Методы некоммутативного анализа, Москва, Техносфера, 2002
7. Белов В. В., Воробьев Е. М., Сборник задач по дополнительным главам математической физики. □ М.: Высшая школа, 1978
8. M.S. Dresselhaus, G.Dresselhaus, P.,C.Eklund, Science of Fullerenes and Carbon Nanotubes, Academic Press, San~Diego, 1996;
9. M. I. Katsnelson, Graphene: Carbon in Two Dimensions, Cambridge, 2012
10. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Статистическая физика. Часть 2. Теория конденсированного состояния. - М.: Физматлит, 2004.- 496 с.

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

- необходимый для обеспечения данной дисциплины комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, а также электронные библиотечные системы, с которыми у СОГУ имеется действующий договор:

№ п/п	Наименование	№ договора(лицензия)	Страна-производитель
1.	Windows 10 Enterprise	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
2.	Windows 10 Pro for Workstations	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
3.	Windows 7 Enterprise	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
4.	Windows 7 Professional	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
5.	Office Standard 2016	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
6.	Office Standard 2013	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
7.	Office Standard 2010	№ 4100072800 Microsoft Products	США

		(MPSA) от 04.2016 г	
8.	Корпоративная электронная почта (Яндекс.Почта)	№КИС-1965-2025 от 12.01.2026	Россия
9.	Программное обеспечение 1С: Предприятие. Бухгалтерский Учет. Типовая конфигурация 8 сетевая версия	№ СД/108 от 29.08.2017 «МАКСИМУМ-СОФТ СОФТ» бессрочно	Россия
10.	Система поиска текстовых заимствований «Антиплагиат. ВУЗ»	№ SBR003-250010357500001 от 05.02.2025 (действителен до 04.02.2026) с ОАО «АнтиПлагиат»	Россия
11.	Программное обеспечение 1С: Предприятие 8.3 Управление торговлей	№КП /108 от 29.08.2017 с ООО «Максимум» (бессрочно)	Россия
12.	Программное обеспечение 1С: Зарплата и кадры государственного учреждения 8	№СД./ №9., 08.06.2025 г. «МАКСИМУМ-СОФТ СОФТ» бессрочно	Россия
13.	1С: Бухгалтерия 8. Базовая версия	№9 от 21.05.2019, «МАКСИМУМ-СОФТ СОФТ» бессрочно	Россия
14.	Планы	№2191-24, от 09.01.2025 г. (тех.поддержка до 26.02.2026 г.) ООО ЛММИС	Россия
15.	ПО Лаборатории ММИС (Деканат, ПК, Ведомости, Тестирование, интернет расширение и др.)	№2435-24 от 04.03.2025 ООО ЛММИС	Россия
16.	VSDESK	№ 210406/01 от 06.04.2021г. ИП И,А.Сергеевич	Россия
17.	DIRECTUM RX – Система электронного документооборота	ООО Галактика ИТ договор № 120320/Д/А от 14.03.2022	Россия
18.	MOODLE	Бесплатное	-
19.	ЭБС «Консультант студента»	http://www.studentlibrary.ru Требуется регистрация в библиотеке СОГУ	Россия
20.	РусГард	Бесплатное	Россия
21.	Система веб-конференций (bigbluebutton)	Бесплатное	-
22.	Средства криптографической защиты (КриптоПро CSP, Крипто АРМ)	№120680, от 21.01.2025 ООО «Цифровые технологии»	Россия
23.	Средства криптографической защиты (ViPNet)	№0000-000008 от 17.01.2025 ООО Экспресс-линк	Россия
24.	Средства криптографической защиты (Континент TLS)	№25/08/22 СЛ от 04.09.2025 ООО СКБ-Сервис	Россия
25.	Kaspersky Endpoint Security	№ СФ00-001239 от 13.02.2025 ООО Системный Софт	Россия

**Реестр электронных библиотечных систем (ЭБС)
и электронных образовательных ресурсов, доступ к которым обеспечен
для обучающихся по образовательным программам,
реализуемым в 2026-2027 учебном году**

Название базы данных	Платформа и (или) адрес в сети Интернет	Реквизиты	Правообладатель	Количество ключей
«Университетская библиотека Online» Базовая коллекция	https://biblioclub.ru Требуется регистрация.	Договор № 571-12/2025 от 12.01.2026 г. С 01.01.2026 г. - 31.12.2026 г.	ООО «НексМедиа»	Без ограничения количества пользователей
Информационно-аналитическая система SCIENCE INDEX: рефераты и полные тексты научных статей и публикаций, российские научные и научно-технические журналы	eLIBRARY.RU http://elibrary.ru/org Требуется регистрация.	Лицензионный договор № 310-5051/2025 от 31.03.2025 г. С 14.04.2025 г. - 20.04.2026 г.	ООО «Научная электронная библиотека eLibrary.ru»	Доступ по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей
eLIBRARY.RU - интегрированный научный информационный портал в российской зоне сети Интернет, включающий базы данных научных изданий и сервисы для информационного обеспечения науки и высшего образования.	eLIBRARY.RU http://elibrary.ru/org Требуется регистрация.	Ресурс открытого доступа	ООО «Научная электронная библиотека eLibrary.ru»	Доступ осуществляется по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей
«Юрайт» - Учебники по всем специальностям и направлениям подготовки. - ЦУМК по федеральному проекту «Кадры для цифровой экономики»	«Юрайт» https://urait.ru/info/courses?utm_source=m_campaign Требуется регистрация.	Договор № 6237 от 05.12.2023 г. С 31.12.2023 - 31.12.2026 г.	ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ»	Доступ по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей
Универсальная база данных East View - полнотекстовый доступ к научным журналам	https://dlib.eastview.com Логин: Khetagurov. Пароль: Khetagurov.	№210-П от 12.01.2026 г. С 01.01.2026 г. - 31.12.2026 г.	ООО «ИВИС»	Без ограничения количества пользователей
«SocHum» - электронная библиотека социогуманитарного знания (коллекция учебно-методической литературы и научных журналов социогуманитарной коллекции научно-исследовательских институтов РАН	https://sochum.ru	Ресурс открытого доступа	Государственный академический университет гуманитарных наук (ГАУГН)	Доступ осуществляется по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей.
Polpred.com - открытая электронная библиотечная система и ин-	https://www.polpred.com/	Ресурс открытого доступа		Доступ осуществляется по IP адресам

тернет- сервисы «Деловые средства массовой информации». Доступ к статьям 600 газет, журналов информантств с архивом за 20 лет: - обзор СМИ; - Россия и зарубежье; - Федеральные округа РФ. - внешняя экономика, право.				вуза без ограничений по количеству пользователей.
Национальная электронная Библиотека «НЭБ»	https://rusneb.ru/ Требуется регистрация.	Договор № 4513-п от 26.12.2023 г. (на 10 лет с последующей автоматической пролонгацией) Без ограничения срока	Российская государственная библиотека	Доступ осуществляется по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей

Электронные образовательные ресурсы

Наименование ресурса	Содержание ресурса	Ссылка на ресурс в сети Интернет
Единое окно доступа к образовательным ресурсам	Каталог образовательных интернет-ресурсов и полнотекстовая электронная учебно-методическая библиотека для общего и профессионального образования	https://web.archive.org/web/20191122092928/http://window.edu.ru/
«КиберЛенинка»	Собрание научных статей, в основном на русском языке, хотя есть и иностранные публикации.	https://cyberleninka.ru/
Всенаука	Естественные, гуманитарные и социальные науки, психология	Всенаука https://vsenauka.ru/
Библиотекарь. Ру	Бесплатная интернет-библиотека. Книги, статьи, документы по русской и мировой истории, искусству, культуре, прикладным наукам, учебники, научные статьи, методические пособия. Электронные книги, учебники, периодика, графика, справочная и техническая литература. На сайте представлено около 10.000 книг доступных для онлайн чтения. - более 50 полнотекстовых справочников и энциклопедий; - Древнерусская литература - летописи, жития святых, воинские повести древней Руси; - сведения иностранных писателей о средневековой России; - большой раздел репринтов книг, газет и журналов 19 века; - биографии и труды русских учёных и писателей; - классическая литература. Мемуары, дневники; - учебники и научные работы по 20 дисциплинам; - более 15.000 картин и художественных изображений.	https://bibliotekar.ru/

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также самостоятельной работы обучающихся: преподавательский стол; стул; столы обучающихся; стулья; кафедра; классная доска, мультимедийный комплекс

(проектор, экран), ноутбук, колонки, программное обеспечение.
Библиотека, в том числе читальный зал: столы, стулья, ПК обучающихся, программное обеспечение.

Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;

- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;

- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;

- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;

- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:

- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;

- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;

- при наличии по дисциплине курсовой работы продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.