

**МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИИ
ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

КАФЕДРА ФИЗИКИ И МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.О.08.01 МОДУЛЬ «ПРЕДМЕТНО-СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЙ
(ПРОФИЛЬ ФИЗИКА)»
Б1.О.08.01.03.03 "КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА"**

**Направление подготовки - 44.03.05 Педагогическое образование
(с двумя профилями подготовки)**

Направленность (профили) – Физика и Математика

Квалификация выпускника: Бакалавр

Форма и сроки обучения – очная (5 лет), заочная (5 л. 6 м.)

Махачкала

2021

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Цели и задачи освоения дисциплины
2.	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
3.	Место дисциплины в структуре образовательной программы бакалавриата
4.	Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
5.	Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
5.1.	Содержание разделов учебной дисциплины (модуля)
5.2.	Структура учебной дисциплины (модуля)
6.	Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
7	Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)
7.1.	Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы
7.2.	Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
7.3.	Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
7.4.	Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
8	Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8.1.	Основная учебная литература
8.2.	Дополнительная учебная литература
9.	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)
10.	Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
11.	Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
12.	Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Квантовая механика» являются: - формирование представлений о квантово-механических закономерностях, лежащих в основе современной физики и ее фундаментальных приложений;

- формирование сведений о важнейших физических квантово-механических моделях;
- формирование основных принципов и понятий квантовой механики с классической механикой и теорией поля.

Задачи дисциплины:

- дать правильное толкование физических основ квантовой механики, ее математического аппарата;
- описать физические явления и процессы микромира, пользуясь специфической научной терминологией квантовой механики;
- объяснить физический смысл постулатов квантовой механики;
- показать соответствие между уравнениями квантовой механики и классической механики на основе выполнения принципа соответствия;
- применения квантово-механической теории в различных областях физики и химии, где существенны квантово-механические явления:
- владеть математическим аппаратом квантовой механики;
- использовать стандартных приемов решения уравнения Шредингера для простейших задач квантовой механики;
- научить применять на практике теоретические знания.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В совокупности с другими дисциплинами ФГОС ВО дисциплина «Квантовая механика» направлена на формирование следующих компетенций:

Таблица 1. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)

Код компетенции	Наименование компетенции
ПК-1	Способен конструировать содержание образования в предметной области в соответствии с требованиями ФГОС основного и среднего общего образования, с уровнем развития современной науки и с учетом возрастных особенностей обучающихся
ПК-4	Способен использовать теоретические и практические знания для постановки и решения исследовательских задач в предметной области (в соответствии с профилем и уровнем обучения) и в области образования
ПК-5	Способен осваивать и использовать базовые научно-теоретические знания и практические умения по предмету в профессиональной деятельности

В результате изучения дисциплины «Квантовая механика» студенты должны:
знать:

- физический смысл и взаимосвязи основных законов, правил, постулатов и понятий квантовой механики;

- основные понятия, принципы и законы квантовой механики, ее математический аппарат;

- различия в методах исследования физических процессов и явлений на эмпирическом и теоретическом уровне;

- методов анализа результатов наблюдения и экспериментов;

- основных этапов, возможностей и областей применения процесса компьютерного моделирования.

уметь:

- описать физические явления и процессы микромира;

- формулировать основные физические законы микромира;

- применять соответствующий математический аппарат к решению простых задач для микросистем;

- давать математическую интерпретацию всех законов квантовой механики. **владеть:**

- формулировки задач, построения теоретико-физических моделей квантовой механики;

- владеть математическим аппаратом квантовой механики;

- способностью приобретать новые знания в области квантовой физики, в том числе с использованием современных образовательных и информационных технологий;

- использования стандартных приемов решения уравнения Шредингера для простейших задач квантовой механики.

3. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Квантовая механика» относится к предметно-содержательному модулю (профиль «Физика») направления подготовки 44.03.05. *Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)*, профили «Физика» и «Математика» и изучается на 4 курсе.

Дисциплина «Квантовая механика» базируется на знаниях, полученных в рамках школьного курса физики, математики и вузовских дисциплин: классической механики, основ атомной и квантовой физики, методов математической физики.

Освоение дисциплины является основой для последующего изучения дисциплин «Физика твердого тела», «Физика конденсированного состояния», «Физика ядра и элементарных частиц» и курсов по выбору.

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины «Квантовая механика» составляет 180 часов (5 зачетных единицы).

Объем контактной работы обучающихся с преподавателем по дисциплине (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся отражен в таблице 2.

Таблица 2. Объем контактной работы обучающихся с преподавателем по дисциплине (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся очной и заочной формы обучения

Вид работы	Трудоемкость, часов	
	очная форма	заочная форма
Общая трудоемкость, часов	180	180
Аудиторная работа:	64	16
<i>Лекции (Л)/в том числе практ. направ.</i>	32 / 20	8 / 4
<i>Практические занятия (ПЗ)/в том числе практ. направ.</i>	32 / 20	8 / 4
СР	89	158
Контроль	27	6
Вид итогового контроля (экзамен)	Экзамен	

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

5.1. Содержание разделов учебной дисциплины (модуля)

Раздел 1. «Экспериментальные обоснования квантовой механики. Особенности поведения микрообъектов»

- 1.1. Дискретность некоторых наблюдаемых. 1.2. Корпускулярно-волновой дуализм.
1.3. Вероятностный характер поведения микрообъектов

Раздел 2. «Математический аппарат квантовой механики. Состояния и наблюдаемые в квантовой механике»

- 2.1. Состояние микросистем. 2.2. Первый постулат, свойства ψ – функции. 2.3. Принцип суперпозиции. 2-ой постулат. 2.4. Операторы, их свойства, действия с операторами. 2.5. Умножение операторов, возведение их в степень. 2.6. Коммутаторные свойства операторов. 2.7. Собственные функции и собственные значения операторов. 2.8. Третий и четвертый постулаты. 2.9. Среднее значение наблюдаемых. 2.10. Проблема совместной измеримости. 2.11. Операторы важнейших наблюдаемых.

Раздел 3. «Изменение состояний и механических величин во времени. Динамические уравнения и законы сохранения»

3.1. Уравнение Шредингера, его анализ и частное решение. 3.2. Уравнения движения. 3.3. Теоремы Эренфеста.

Раздел 4. «Одномерные квантово-механические задачи. Одномерное движение»

4.1. Стационарное уравнение Шредингера. 4.2. Свободное движение частицы. 4.5. Линейный гармонический осциллятор, его энергетический спектр и волновые функции. 4.6. Прохождение частицы через потенциальный барьер конечной высоты.

Раздел 5. «Движение частиц в центрально – симметричном поле»

5.1. Общие свойства движения частицы в центрально - симметричном поле. 5.2. Операторы момента импульса. 5.3. Радиальное уравнение Шредингера. 5.4. Водородоподобный атом. 5.5. Квантовые числа. 5.6. Спектральные термы. 5.7. Устойчивость атома, квантово-механическая модель атома

Раздел 6. «Собственные механический и магнитный моменты электрона (спин)»

6.1. Спин электрона. 6.2. Операторы спина. 6.3. Полный вращательный момент электрона и его свойства. 6.4. Тонкая структура спектров водородоподобных атомов.

Раздел 7. «Системы тождественных частиц»

7.1. Системы тождественных частиц. 7.2. Принцип тождественности. 7.3. Частицы Бозе и Ферми. 7.4. Принцип Паули.

Раздел 8. «Многоэлектронные атомы. Молекулы»

8.1. Атом гелия. 8.2. Периодическая система элементов. 8.3. Молекула водорода. 8.4. Природа химических сил.

Раздел 9. «Приближенные методы квантовой механики. Элементы теории излучения»

9.1. Приближенные методы квантовой механики. 9.2. Элементы теории излучения.

5.2. Структура учебной дисциплины (модуля)

Структура дисциплины по темам отражена в таблицах 3 -7

Таблица 3. Структура учебной дисциплины (модуля) очной формы обучения

Раздел дисциплины	Виды учебной работы и трудоемкость в часах (очная форма)				
	ЛК	ПЗ	СР	Контр.	итого
1. Экспериментальные обоснования квантовой механики. Особенности поведения микрообъектов	2	2	9		13
2. Математический аппарат квантовой механики. Состояния и наблюдаемые в квантовой	4	4	10		18

механике					
3.Изменение состояний и механических величин во времени. Динамические уравнения и законы сохранения	4	4	10		18
4.Одномерные квантово-механические задачи. Одномерное движение	4	4	10		18
5. Движение частиц в центрально – симметричном поле	4	4	10		18
6. Собственные механический и магнитный моменты электрона (спин)	4	4	10		18
7.Системы тождественных частиц	2	2	10		14
8.Многоэлектронные атомы. Молекулы	6	6	10		22
9.Приближенные методы квантовой механики. Элементы теории излучения	2	2	10		14
Экзамен				27	27
Всего за 7 семестр	32	32	89	27	180

Таблица 4. Структура учебной дисциплины (модуля) заочной формы обучения

Раздел дисциплины	Виды учебной работы и трудоемкость в часах (заочная форма)				
	ЛК	ПЗ	СР	Контр.	итого
Экспериментальные обоснования квантовой механики. Особенности поведения микрообъектов. Математический аппарат квантовой механики. Состояния и наблюдаемые в квантовой механике	2	2	38		42
Изменение состояний и механических величин во времени. Динамические уравнения и законы сохранения. Одномерные квантово-механические задачи. Одномерное движение. Движение частиц в центрально – симметричном поле.	2	2	40		44
Собственные механический и магнитный моменты электрона (спин).Системы тождественных частиц	2	2	40		44
Многоэлектронные атомы. Молекулы. Приближенные методы квантовой механики. Элементы теории излучения	2	2	40		44
Экзамен				6	6
Всего за 4 курс	8	8	158	6	180

Целью практических и семинарских занятий является контроль усвоения студентами теоретического материала по дисциплине, а также привитие навыков и умений применения полученных знаний при решении задач.

Применяемые технологии при проведении практического занятия:

- ознакомление студентов с целью и задачами занятия;
- фронтальный опрос;
- решение практических задач;
- тестирование по теме;
- выполнение контрольных работ;
- подготовка и защита рефератов по отдельным темам;
- подведение итогов и оценка знаний студентов.

Таблица 6. Темы лекций, практических и/или семинарских занятий очной формы обучения

№	№ раздела	Тематика лекционных и практических занятий (семинаров) (очная форма обучения)	Трудоемкость (час.)	
			ЛК	ПЗ
1	1	Дискретность некоторых наблюдаемых. Корпускулярно-волновой дуализм. Соотношение неопределенностей	2	2
2	2	Операторы, их свойства и действия с ними	2	2
3	2	Умножение операторов, возведение их в степень. Коммутаторы.	2	2
4	3	Уравнение Шредингера. Изменение во времени средних значений наблюдаемых.	2	2
5	3	Теоремы Эренфеста. Законы сохранения	2	2
6	4	Стационарные состояния. Стационарное уравнение Шредингера. Свободное движение частицы	2	2
7	4	Частица в потенциальной яме бесконечной и конечной глубины. Линейный гармонический осциллятор	2	2
8	5	Общие свойства движения частиц в центрально - симметричном поле	2	2
9	5	Квантовые числа. Спектральные термы. Устойчивость атома, квантово-механическая модель атома	2	2
10	6	Операторы спина. Волновые функции электрона с учетом спина	2	2
11	6	Полный вращательный момент электрона. Нормальный и аномальный эффект Зеемана	2	2
12	7	Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Системы тождественных частиц	2	2

13	8	Атом гелия. Построение электронных оболочек гелия	2	2
14	8	Молекула водорода. Природа химических сил.	2	2
15	8	Периодическая система элементов.	2	2
16	9	Элементы теории излучения. Приближенные методы квантовой механики. Элементы теории излучения.	2	2
		Итого	32	32

**Таблица 7. Темы лекций, практических и/или семинарских занятий
заочной формы обучения**

№	№ раздела	Тематика лекционных и практических занятий (семинаров) (заочная форма обучения)	Трудоемкость (час.)	
			ЛК	ПЗ
1	1,2	Особенности поведения микрообъектов. Операторы.	2	2
2	3,4,5	Уравнение Шредингера. Теоремы Эренфеста. Одномерные квантово-механические задачи. Движение частиц в центрально - симметричном поле	2	2
3	6,7	Операторы спина. Системы тождественных частиц.	2	2
4	8,9	Многоэлектронные атомы. Молекулы. Элементы теории излучения.	2	2
		Итого	8	8

6.Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется методами самообучения и самоконтроля в двух направлениях:

- для закрепления и углубления знаний и навыков, полученных на лекционных и практических занятиях;

- для самостоятельного изучения отдельных тем и вопросов дисциплины.

Самостоятельная работа осуществляется в виде:

- конспектирования учебной, научной и периодической литературы;

- проработки учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературы);

- подготовки сообщений и докладов к семинарам и практическим занятиям, к участию в тематических дискуссиях, работе научного кружка и конференциях;

- работы с нормативными документами и законодательной базой, с первичными документами и отчетностью предприятий;

- поиска и обзора научных публикаций и электронных источников информации, подготовки заключения по обзору информации;

- выполнения лабораторных, контрольных работ, творческих (проектных) заданий, курсовых работ (проектов); решения практических и ситуационных задач;

- составления аналитических таблиц, графического оформления материала;
- написания рефератов, докладов; работы с тестами и контрольными вопросами для самопроверки;
- анализа отчетной информации организаций различных организационно-правовых форм и видов деятельности; - моделирования и анализа конкретных проблемных ситуаций; - написания выводов и предложений на основе проведенного анализа.

Результаты самостоятельной работы контролируются и учитываются при текущем и промежуточном контроле успеваемости обучающегося. При этом проводятся тестирование, экспресс-опрос и фронтальный опрос на семинарских и практических занятиях, заслушивание докладов и сообщений по дополнительному материалу к лекциям, проверка домашних контрольных работ и т.д.

Содержание самостоятельной работы по разделам и темам дисциплины

Раздел дисциплины	Содержание самостоятельной работы	Кол-во часов	
		Форма обучения	
		очная	заочная
Экспериментальные обоснования квантовой механики. Особенности поведения микрообъектов	проработка учебного материала, конспектирование отдельных вопросов. Решение задач	9	19
Математический аппарат квантовой механики. Состояния и наблюдаемые в квантовой механике	проработка учебного материала, решение задач, конспектирование отдельных вопросов. Работа с конспектом лекции. Подготовка к практическому занятию.	10	19
Изменение состояний и механических величин во времени. Динамические уравнения и законы сохранения	проработка учебного материала, работа с тестами и заданиями, конспектирование отдельных вопросов. Решение задач	10	12
Одномерные квантово-механические задачи. Одномерное движение	проработка учебного материала, конспектирование отдельных вопросов. Решение задач	10	12
Движение частиц в центрально-симметричном поле	проработка учебного материала, решение задач, конспектирование отдельных вопросов	10	16
Собственные механический и магнитный моменты электрона (спин)	проработка учебного материала, контрольные работы, подготовка конспектов по теме: «Экспериментальное обнаружение спина. Волновые функции электрона с учетом спина», «Атом во внешнем магнитном поле»	10	20

Системы тождественных частиц	проработка учебного материала, конспектирование отдельных вопросов, подготовка конспектов по теме: «Симметричные и антисимметричные состояния». Решение задач	10	20
Многоэлектронные атомы. Молекулы	проработка учебного материала, решение задач, конспектирование отдельных вопросов	10	20
Приближенные методы квантовой механики. Элементы теории излучения	проработка учебного материала, работа с тестами и заданиями, решение задач, контрольные работы	10	20
	Итого	89	158

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Компетенция	Этапы формирования	Процедура оценивания
<p>Способен конструировать содержание образования в предметной области в соответствии с требованиями ФГОС основного и среднего общего образования, с уровнем развития современной науки и с учетом возрастных особенностей обучающихся (ПК-1).</p>	<p>Знать приоритетные направления развития образовательной системы РФ, требования примерных образовательных программ по учебному предмету; перечень и содержательные характеристики учебной документации по вопросам организации и реализации образовательного процесса; теорию и технологии учета возрастных особенностей, обучающихся; программы и учебники по преподаваемому предмету.</p> <p>Уметь критически анализировать учебные материалы предметной области с точки зрения их научности, психолого-педагогической и методической целесообразности использования; конструировать содержание обучения по предмету в соответствии с уровнем развития научного знания и с учетом возрастных особенностей обучающихся; разрабатывать рабочую программу по предмету, курсу на основе примерных основных общеобразовательных программ и обеспечивать ее выполнение.</p> <p>Владеть навыками конструирования предметного содержания и адаптации его в соответствии с особенностями целевой аудитории.</p>	<p>Устный опрос, тестирование, решение задач, контрольная работа.</p>

<p>Способен использовать теоретические и практические знания для постановки и решения исследовательских задач в предметной области (в соответствии с профилем и уровнем обучения) и в области образования (ПК-4).</p>	<p>Знать: современное состояние, тенденции и наиболее важные проблемы развития естественных наук; основные принципы построения современных математических моделей и теорий; основные законы и уравнения современных математических теорий; современные концепции и направления развития образования и математического образования; методы получения научного знания в современной математике; основные понятия и проблемы методологии современной математической науки и образования.</p> <p>Уметь: ориентироваться в современной научной проблематике математике; анализировать и критически оценивать особенности развития математики и педагогики на современном этапе; самостоятельно выделять проблемные направления развития математики и образования; соотносить содержание науки и содержание образования; рассматривать физическое образование как комплексную научную проблему и выявлять его основные особенности.</p> <p>Владеть: навыками использования научного языка, научной терминологии; способностью использовать знание современных проблем науки и образования при решении образовательных задач; способностью к развитию и совершенствованию своего научного уровня.</p>	<p>Устный опрос, тестирование, решение задач, контрольная работа</p>
<p>Способен осваивать и использовать базовые научно-теоретические знания и практические умения по предмету в профессиональной деятельности (ПК-5).</p>	<p>Знать содержание, сущность, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области; закономерности, определяющие место предмета в общей картине мира; программы и учебники по преподаваемому предмету; основы общетеоретических дисциплин в объеме, необходимом для решения педагогических, научно-методических и организационно-управленческих задач (педагогика, психология, возрастная физиология; школьная гигиена; методика преподавания предмета).</p> <p>Уметь анализировать базовые предметные научно-теоретические представления о сущности, закономерностях, принципах и особенностях изучаемых явлений и процессов.</p> <p>Владеть навыками понимания и системного анализа базовых научно-теоретических представлений для решения профессиональных задач.</p>	<p>Устный опрос, тестирование, решение задач, контрольная работа.</p>

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

ПК-1. Способен конструировать содержание образования в предметной области в соответствии с требованиями ФГОС основного и среднего общего образования, с уровнем развития современной науки и с учетом возрастных особенностей обучающихся

Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
<p>Знать приоритетные направления развития образовательной системы РФ, требования примерных образовательных программ по учебному предмету; перечень и содержательные характеристики учебной документации по вопросам организации и реализации образовательного процесса; теорию и технологии учета возрастных особенностей, обучающихся; программы и учебники по преподаваемому предмету.</p> <p>Уметь критически анализировать учебные материалы предметной области с точки зрения их научности, психолого-педагогической и методической целесообразности использования; конструировать содержание обучения по предмету в соответствии с уровнем развития научного знания и с учетом возрастных особенностей обучающихся; разрабатывать рабочую программу по предмету, курсу на основе примерных основных общеобразовательных программ и обеспечивать ее выполнение.</p> <p>Владеть навыками конструирования предметного содержания и адаптации его в соответствии с особенностями целевой аудитории.</p>	<p>Знает содержание основного материала, но допускает неточности, при реализации образовательной программы по учебному предмету.</p>	<p>Знает: содержание учебного предмета по квантовой механике; принципы и методы разработки рабочей программы по данной дисциплине и специальные подходы к обучению;</p>	<p>Знает глубоко и прочно содержание учебного предмета, свободно отвечает на вопросы, свободно решает задачи, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических заданий, показывает должный уровень сформированности компетенций.</p>

ПК-4. Способен использовать теоретические и практические знания для постановки и решения исследовательских задач в предметной области (в соответствии с профилем и уровнем обучения) и в области образования.

Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
<p>Знать: современное состояние, тенденции и наиболее важные проблемы развития естественных наук; основные принципы построения современных математических моделей и теорий; основные законы и уравнения современных математических теорий; современные концепции и направления развития образования и математического образования; методы получения научного знания в современной математике; основные понятия и проблемы методологии современной математической науки и образования.</p> <p>Уметь: ориентироваться в современной научной проблематике математике; анализировать и критически оценивать особенности развития математики и педагогики на современном этапе; самостоятельно выделять проблемные направления развития математики и образования; соотносить содержание науки и содержание образования; рассматривать физическое образование как комплексную научную проблему и выявлять его основные особенности.</p> <p>Владеть: навыками использования научного языка, научной терминологии; способностью использовать знание современных проблем науки и образования при решении образовательных задач; способностью к развитию и совершенствованию своего научного уровня.</p>	<p>Знает основной материал, но допускает неточности. При выполнении практических заданий допускает ошибки.</p>	<p>Знает учебный материал. Умеет правильно применить теорию при выполнении практических заданий, владеет необходимыми приемами выполнения практических заданий, но затрудняется с применением знаний, связанных с новыми нестандартными задачами. показывает должный уровень сформированности компетенций.</p>	<p>Знает глубоко и прочно учебный материал, свободно отвечает на вопросы, свободно решает задачи, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических заданий, показывает должный уровень сформированности компетенций.</p>

ПК-5. Способен осваивать и использовать базовые научно-теоретические знания и практические умения по предмету в профессиональной деятельности

Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
<p>Знать содержание, сущность, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области; закономерности, определяющие место предмета в общей картине мира; программы и учебники по преподаваемому предмету; основы общетеоретических дисциплин в объеме, необходимом для решения педагогических, научно-методических и организационно-управленческих задач (педагогика, психология, возрастная физиология; школьная гигиена; методика преподавания предмета).</p> <p>Уметь анализировать базовые предметные научно-теоретические представления о сущности, закономерностях, принципах и особенностях изучаемых явлений и процессов квантовой механики.</p> <p>Владеть навыками понимания и системного анализа базовых научно-теоретических представлений для решения профессиональных задач.</p>	<p>Знает основной материал, но допускает неточности. При решении примеров, задач допускает ошибки.</p>	<p>Знает учебный материал. Умеет правильно применить теорию при выполнении практических заданий, владеет необходимыми приемами выполнения практических заданий, но затрудняется с применением знаний, связанных с новыми нестандартными задачами.</p>	<p>Знает глубоко и прочно учебный материал, свободно отвечает на вопросы, свободно решает задачи, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических заданий, показывает должный уровень сформированности компетенций.</p>

7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Задания для текущего контроля знаний

Контрольная работа №1

Состояния микрообъектов

Вариант №1

1. Запишите волновую функцию состояния частицы, являющегося суперпозицией двух состояний с определенными значениями волновых векторов \vec{k}_1 и \vec{k}_2 .
2. Каков физический смысл выражения $dW(x,t) = |\psi_p(x,t)|^2 dx$?
3. Можно ли совместно измерить $E_{\text{кин}}$ и P_x ?

Вариант №2

1. Запишите волновую функцию состояния частицы, в котором при измерении импульса с равной вероятностью могут быть получены значения P_{x1} и P_{x2} .
2. Какова вероятность того, что частица при измерении ее координаты будет обнаружена в области $x_1 \pm \Delta x$?
3. Можно ли совместно измерить $U(x)$ и P_x ? ($U(x)$ – потенциальная энергия)

Вариант №3

1. Запишите волновую функцию $\psi(x,t)$ состояния частицы, в котором она обладает определенным значением энергии E_1 и импульса P_{x1} .
2. Состояние частицы описывается функцией $\psi(x) = A * e^{\frac{i}{\hbar} px}$. При измерении координаты частицы в эксперименте получили значения x_1, x_2, x_3 . Какое из этих значений наиболее вероятно?

Вариант №4

1. Запишите волновую функцию состояния частицы, являющегося суперпозицией состояний со значениями координаты x_1, x_2 .
2. Состояние частицы описывается функцией $\psi_p(x,t) = c_1\psi_{p1}(x,t) + c_2\psi_{p2}(x,t)$. Каков физический смысл этого выражения?
3. Можно ли совместно измерить $E_{\text{кин}}$ и $U(x)$?

Вариант №5

1. Запишите волновую функцию состояния частицы, являющегося суперпозицией состояний со значениями импульса p_1, p_2, p_3 .
2. Состояние частицы описывается функцией $\psi(x,t) = A e^{\frac{i}{\hbar}(Et - px)}$. При измерении импульса получили значения p_1 и p_2 . Какое из этих значений наиболее вероятно?

Вариант №6

1. Запишите волновую функцию состояния частицы, являющегося суперпозицией состояний с равномерными значениями координаты x_1, x_2 .
2. Имеют ли P_x и $U(x)$ одновременно определенные значения?
3. Состояние частицы описывается волновой функцией $\psi_p(x, t) = c_1\psi_{p1} + c_2\psi_{p2}$. Какова вероятность того, что импульс в этом состоянии примет значение $\frac{p_1 + p_2}{2}$? Дать обоснованный ответ.

Вариант №7

1. Запишите волновую функцию состояния частицы, являющегося суперпозицией двух состояний с определенными значениями волновых векторов \vec{k}_1 и \vec{k}_2 .
2. Каков физический смысл выражения $dW(x, t) = |\psi_p(x, t)|^2 dx$?
3. Можно ли совместно измерить P_x и z ?

Контрольная работа №2**Математический аппарат квантовой механики****Вариант №1**

1. Запишите волновую функцию состояния частицы, являющаяся суперпозицией двух состояний с определением значениями волновых векторов \vec{k}_1 и \vec{k}_2
2. Перемножьте операторы $\hat{A} = x^2, \hat{B} = \frac{d}{dx}, \hat{C} = \frac{1}{x}$.
3. Является ли функция $\cos kx^2$ собственной для оператора $\hat{F} = \frac{d}{dx}$?
4. Найдите коммутатор операторов $\hat{A} = \hat{P}_x, \hat{B} = x^2$
5. Первый постулат квантовой механики.

Вариант №2

1. Запишите волновую функцию $\psi(x, t)$ состояния частицы, в котором при измерении импульса могут быть получены значения P_1, P_2 или P_2 .
2. Перемножьте операторы $\hat{A} = \hat{P}_x$ и $\hat{B} = x$
3. Является ли функция $e^a x^2$ собственной для оператора $\hat{F} = \frac{d}{dx}$?
4. Найдите коммутатор операторов $\hat{A} = x - \frac{d}{dx}, \hat{B} = x + \frac{d}{dx}$
5. Второй постулат квантовой механики.

Вариант №3

1. Запишите волновую функцию $\psi(x, t)$ состояния частицы, в котором свободная частица обладает определенным значением энергии E_1 , и импульс P_1
2. Возведите в квадрат оператор $\hat{A} = \frac{d}{dx} x$

3. Является ли функция $\sin kx^2$ собственной для оператора $\hat{F} = \frac{d}{dx}$?
4. Найти коммутатор операторов $\hat{A} = x + \frac{d}{dx}$ и $\hat{B} = x$
5. Третий постулат квантовой механики.

Вариант №4

1. Состояние частицы описывается функцией $\psi(x) = Ae^{\frac{i}{\hbar}(px)}$. При измерении координаты частицы в эксперименте получили значение x_1 и x_2, x_3 . Можно ли сказать, что это состояние с определенным значением импульса? Поясните.
2. Перемножьте операторы $\hat{A} = x^2 - \frac{d}{dx}$ $\hat{B} = x^2$
3. Является ли волновая функция $\psi(x, t) = e^{-ikx}$ собственной для оператора $\hat{F} = \frac{d}{dx}$? и
4. Найти коммутатор операторов $\hat{A} = \frac{\partial^2}{\partial x^2}$ и $\hat{B} = f(x, y)$

Вариант №5

1. Запишите волновую функцию состояния частицы, являющаяся суперпозицией состояний со значениями импульса P_1, P_2, P_3 .
2. Возведите в квадрат операторы $\hat{A} = \frac{d}{dx} - x$
3. Является ли функция $\psi(x, t) = e^{-ikx}$ собственной для оператора $\hat{F} = i \frac{d}{dx}$?
4. Найдите коммутатор операторов $\hat{A} = x, \hat{B} = \hat{L}_y$

Вариант №6

1. Запишите волновую функцию $\psi(x, t)$ состояния частицы, в котором при измерении энергии могут быть получены значения E_1 , или E_2
2. Перемножьте операторы $\hat{A} = \hat{P}_x$ и $\hat{B} = x^2$
3. Является ли функция $e^a x^2$ собственной для оператора $\hat{F} = \frac{d}{dx}$?
4. Найти коммутатор операторов $\hat{A} = \frac{d}{dx}$ и $\hat{B} = x + \frac{d}{dx}$

Вариант №7

1. Состояние частицы описывается функцией $\psi(x) = Ae^{\frac{i}{\hbar}(px)}$. При измерении координаты частицы в эксперименте получили значение x_1 и x_2, x_3 . Что можно сказать, в этом случае об импульсе частицы?
2. Перемножьте операторы $\hat{A} = x^2 - \frac{d}{dx}$ $\hat{B} = x$

3. Является ли волновая функция $\psi(x) = e^{-kx}$ собственной для функцией оператора

$$\hat{F} = \frac{d}{dx} ?$$

4. Найти коммутатор операторов $\hat{A} = \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ и $\hat{B} = f(x, y)$

5. Когда наблюдаемые совместно точно измеримы?

Вариант №8

1. Запишите волновую функцию $\psi(x, t)$ состояния частицы, в котором свободная частица обладает определенным значением энергии E_1 , и импульс P_1

2. Возведите в квадрат оператор $\hat{A} = \frac{d}{dx} x^2$

3. Является ли функция $\sin k^2 x$ собственной для оператора $\hat{F} = \frac{d}{dx} ?$

4. Найти коммутатор операторов $\hat{A} = x + \frac{d}{dx}$ и $\hat{B} = \bar{o}$

5. Условие существования частицы при $a \leq x \leq b$

Вариант №9

1. У микрочастицы в состоянии $\psi(x, t) = A e^{\frac{i}{\hbar}(E_1 t - p_1 x)}$ измерили импульс. Какое значение импульса при этом получилось и изменится ли состояние частицы?

2. Перемножить операторы: $\hat{A} = \frac{d^2}{dx^2} ?$ и $\hat{B} = \frac{d}{dx} - x$.

3. Определить коммутатор операторов: $\hat{A} = x, \hat{B} = x \frac{d}{dx}$.

4. Является ли функция $\psi(x, t) = k \cos ax$ собственной функцией оператора $\hat{A} = \frac{d}{dx} ?$

5. В чем статистический смысл ψ - функции?

Вариант №10

1. У микрочастицы в состоянии $\psi(x, t) = A e^{\frac{i}{\hbar}(E_1 t - p_1 x)}$ измерили импульс может ли он быть равным $0,5 p_1$?

2. Перемножьте операторы $\hat{A} = \frac{d^2}{dx^2} ?$ $\hat{B} = x - x \frac{d}{dx}$.

3. Определите коммутатор операторов $\hat{A} = x, \hat{B} = \frac{d}{dx} x$

4. Является ли функция $\psi(x, t) = \sin k^2 x$ собственной функцией оператора $\hat{A} = \frac{d^2}{dx^2} ?$

5. Можно ли совместно измерить кинетическую энергию частицы и ее координату?

Вариант №11

1. У микрочастицы в состоянии $\psi(x, t) = A e^{\frac{i}{\hbar}(E_1 t - p_1 x)}$ измерили координату. Какое при этом значение может быть получено? Изменится ли состояние частицы?
2. Перемножьте операторы $\hat{A} = \frac{d^2}{dx^2}$? и $\hat{B} = \frac{d}{dx} x - x$
3. Определите коммутатор операторов $\hat{A} = x^2, \hat{B} = \frac{d}{dx}$
4. Является ли волновая функция $\psi(x, t) = e^{-k^2 x}$ собственной функцией оператора $\hat{A} = \frac{d}{dx}$?
5. Коммутируют ли $\frac{d}{dx}$ и x . Дайте разъяснения.

Вариант №12

1. Запишите волновую функцию микрочастицы, которая характеризуется импульсами p_1 и p_2 .
2. Перемножьте операторы $\hat{A} = \frac{d^2}{dx^2}$? и $\hat{B} = x - \frac{d}{dx}$.
3. Определите коммутатор операторов $\hat{A} = x^2, \hat{B} = \frac{d}{dx} x$
4. Является ли волновая функция $\psi(x, t) = e^{-k^2 x}$ собственной функцией оператора $\hat{A} = \frac{d}{dx}$?
5. Можно ли совместно точно измерить кинетическую и потенциальную энергию микрочастицы?

Вариант №13

1. Запишите волновую функцию микрочастицы с любым значением координаты.
2. Перемножьте операторы $\hat{A} = \frac{d^2}{dx^2}$? и $\hat{B} = x^4 + \frac{d}{dx}$
3. Определите коммутатор операторов $\hat{A} = x^3, \hat{B} = \frac{d}{dx} x$
4. Является ли волновая функция $\psi(x, t) = \sin k^2 x$ собственной функцией оператора $\hat{A} = \frac{d}{dx}$?
5. Имеют ли общую собственную функцию операторы $\frac{d}{dx}$ и x .

Вариант №14

1. Запишите волновую функцию микрочастицы, которая характеризуется тремя значениями волнового числа.

2. Перемножьте операторы $\hat{A} = \frac{d^2}{dx^2}$? и $\hat{B} = x^3 + \frac{d}{dx}$
3. Определите коммутатор операторов $\hat{A} = \frac{d}{dx} x$, $\hat{B} = x$
4. Является ли функция $\psi(x,t) = \cos ax$ собственной функцией оператора $\hat{A} = \frac{d}{dx}$?
5. В каком состоянии микрочастица может иметь равновероятные значения импульса p_{x1} . p_{x2} ?

Вариант №15

1. Частица находится на числовой оси в интервале $[-5,5]$. Запишите это математически.
2. Перемножьте операторы $\hat{A} = \frac{d^2}{dx^2}$ и $\hat{B} = x^2 + x \frac{d}{dx}$.
3. Определите коммутатор операторов $\hat{A} = \frac{d}{dx} x$, $\hat{B} = x$
5. Дан оператор $\frac{d^2}{dx^2}$. Является ли функция $\psi(x,t) = \cos kx$ его собственной функцией?
6. Могут ли несколько операторов иметь общую собственную функцию? Дайте обоснованный ответ.

Вариант №16

1. Определить коммутатор операторов $f(x)$ и \hat{p}_x
2. Перемножить операторы $\hat{A} = x + \frac{d}{dx}$ и $\hat{B} = x$
3. Является ли функция $\sin kx$ собственной для оператора $\hat{A} = \frac{d}{dx}$?
4. Возвести в квадрат оператор $\frac{d}{dx} - x^2$
5. Найти производную по времени от $\langle y \rangle$

Вариант №17

1. Определить коммутатор операторов x и \hat{L}_x
2. Перемножить операторы $\hat{A} = \frac{d^2}{dx^2}$ и $\hat{B} = x^2$
3. Является ли функция $\cos kx$ собственной для оператора $\hat{A} = \frac{d}{dx}$?
4. Возвести в квадрат оператор $\hat{A} = \frac{d}{dx} + f(x)$
5. Найти производную по времени от $\langle p_y \rangle$

Вариант №18

1. Определить коммутатор операторов \hat{p}_x и x^2

2. Перемножить операторы $\hat{A} = \frac{d^2}{dx^2}$ и $\hat{B} = x^2$
3. Является ли функция $\sin kx$ собственной для оператора $\hat{A} = \frac{d^3}{dx^3}$?
4. Возвести в квадрат оператор $A = x - \frac{d}{dx}$
5. Найти производную по времени от $\langle P_x \rangle$

Вариант №19

1. Определить коммутатор операторов x и \hat{P}_x
2. Перемножить операторы $\hat{A} = \frac{d^2}{dx^2}$ и $\hat{B} = x$
3. Является ли функция $\cos kx$ собственной для оператора $\hat{A} = \frac{d^2}{dx^2}$?
4. Возвести в квадрат оператор $\hat{A} = x + \frac{d}{dx}$
5. Найти производную по времени от $\langle x \rangle$

Вариант №20

1. Определить коммутатор операторов $\hat{A} = x + \frac{d}{dx}$ и $\hat{B} = x$
2. Перемножить операторы $\hat{A} = \hat{P}_x$ и $\hat{B} = x$
3. Является ли функция e^{ax^2} собственной для оператора $\hat{A} = \frac{d}{dx}$?
4. Возвести в квадрат оператор $\hat{A} = x^2 + \frac{d}{dx}$
5. Найти производную по времени от $\langle z \rangle$

Контрольная работа №3

Вариант №1

1. Выведите уравнение, которое показывает, как изменяется со временем средняя координата частицы в квантовой механике.
2. Найдите производную по времени от $\langle P_x \rangle$.
3. Охарактеризуйте уравнение, которое представляет собой математическую запись принципа причинности в классической механике.
4. Каким свойством должно обладать пространство, чтобы момент импульса частицы был интегралом движения? В чем суть этого свойства?
5. Запишите полный общий вид закона сохранения импульса частицы в квантовой механике.

Вариант №2

1. Выведите уравнение, которое показывает, как изменяется со временем средний импульс частицы в квантовой механике. Как она называется?
2. Найдите производную по времени от $\langle y^3 \rangle$.
3. Получите квантовое уравнение Ньютона.
4. Запишите математические условия, при выполнении которых любая наблюдаемая в квантовой механике может быть интегралом движения.
5. Какова полная математическая запись закона сохранения момента импульса частицы в квантовой механике.

Вариант №3

1. Выведите уравнение, которое показывает, как изменяется со временем средняя наблюдаемая.
2. Найдите производную по времени от $\langle x^2 \rangle$.
3. Сформулируйте принцип, по которой можно определить последующие состояния частицы.
4. Каким свойством должно обладать время, чтобы полная энергия частицы была интегралом движения? В чем суть этого свойства?
5. Запишите полный общий вид закона сохранения для произвольной наблюдаемой в квантовой механике.

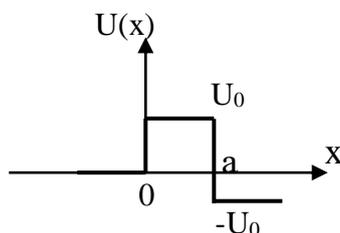
Вариант №4

1. Получите функцию, которая является решением временного уравнения Шредингера.
2. Найдите производную по времени от $\langle x^3 \rangle$.
3. Получите уравнение квантовой механики, аналогичное II закону Ньютона в квантовой механике.
4. Каким свойством симметрии должно обладать пространство, чтобы импульс частицы была интегралом движения? В чем суть этого свойства?
5. Какова полная математическая запись закона сохранения полной энергии частицы в квантовой механике?

Контрольная работа №4
Одномерное движение частиц

Вариант №1

1. Получите стационарное уравнение Шредингера в дифференциальной форме.
2. С помощью стационарного уравнения Шредингера запишите движение частицы в поле вида



при $E < U_0$

3. Является ли стационарным состояние

$$\psi(x, t) = A e^{\frac{i}{\hbar}(E_n t - p_x x)} ?$$

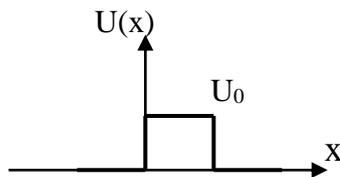
4. Что такое «нулевая энергия»? – Формула и физический смысл

5. Частица движется с энергией $E > U_0$. проанализируйте этот случай с классической и квантовой точек зрения.

Вариант №2

1. Свободное движение частицы. Ее энергетический спектр.

2. С помощью стационарного уравнения Шредингера опишите движение частицы в поле вида



при $E < U_0$

3. Является ли стационарным состояние

$$\psi(x, t) = c_1 \psi_1(x) * \varphi_1(t) + c_2 \psi_2(x) * \varphi_2(t) ?$$

4. Что такое «линейный гармонический осциллятор» и какова его энергия?

5. Докажите, что при $U(x) \rightarrow \infty$ коэффициент прозрачности $D \rightarrow 0$.

Вариант №3

1. Частица в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Ее энергетический спектр.

2. Частица движется в потенциальном поле.

$$U(x) = \begin{cases} 0, & x < 0, \quad x > a \\ U_0, & 0 \leq x \leq a \end{cases}$$

Опишите движение частицы с энергией $E < U_0$ на основе классической и квантовой механики.

3. Зависит ли от времени волновая функция де Бройля, описывающая стационарное состояние системы?

4. Каков характер энергетического спектра частицы, находящейся в инфинитном движении? Дайте развернутый ответ.

5. Является ли стационарным состояние

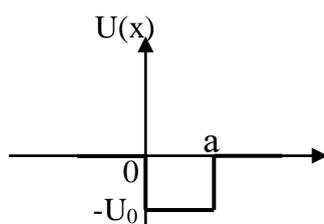
$$\psi(x, t) = A_1 * e^{\frac{i}{\hbar}(p_1 x_1 - E_1 t)} + A_2 * e^{\frac{i}{\hbar}(p_2 x_2 - E_2 t)} ?$$

Вариант №4

1. Прохождение частицы через потенциальный барьер прямоугольной формы.

2. С помощью стационарного уравнения Шредингера опишите движение частицы в поле вида

при $-U_0 < E < 0$



3. Является ли стационарным состояние

$$\psi(x,t) = \sum_{n=1}^5 c_n \psi_n(x,t)?$$

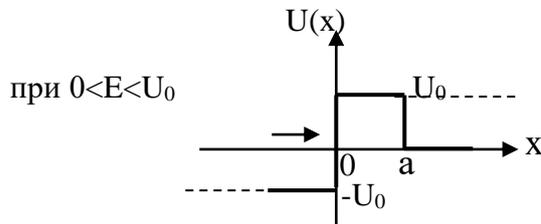
4. Что такое нулевая энергия?

5. Запишите стационарное уравнение Шредингера для одномерного движения частицы в потенциальном поле $U(x)$. Является ли это движение свободным? Ответ обоснуйте.

Вариант №5

1. Одномерный линейный гармонический осциллятор. Его энергетический спектр.

2. С помощью стационарного уравнения Шредингера опишите движение частицы в поле вида



3. Каков физический смысл уравнения $\hat{H}\psi(x) = E\psi(x)$?

4. Каков характер энергетического спектра частицы, находящейся в финитном движении.

5. Является ли стационарным состояние

$$\psi(x,t) = \sum_{n=1}^3 c_n \psi_n(x,t)?$$

Вариант №6

1. Получите стационарное уравнение Шредингера в операторной форме.

2. Рассмотрите с классических и квантовых позиций движение частицы в потенциальном поле

$$U(x) = \begin{cases} 0, & x < 0, \quad x > a, \text{ если } E < U_0 \\ U_0, & 0 \leq x \leq a \end{cases}$$

3. Каков характер энергетического спектра для свободного движения частицы?

4. Вид гамильтониана для движения частицы в поле $U(x)$.

5. Является ли стационарным состояние

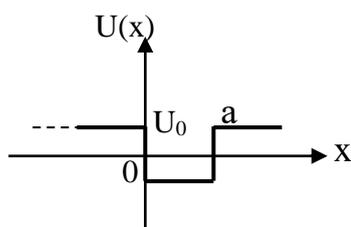
$$\psi(x,t) = c_1 \psi_1(x) * \varphi_1(t) + c_2 \psi_2(x) * \varphi_2(t)?$$

Вариант №7

1. Свободное движение частицы.

2. С помощью стационарного уравнения Шредингера опишите движение частицы в поле вида

при $0 < E < U_0$, если частица движется



1) слева направо

2) справа налево?

3. Что такое нулевая энергия? Может ли она стать равной нулю?
4. Коэффициент прозрачности. Как в принципе его определить?
5. Является ли стационарным состояние, описываемое волновой функцией – частным решением временного уравнения Шредингера?

Контрольная работа №5

Движение в центрально - симметричных полях

Вариант №1

1. Понятие силового поля Центрально симметрические поля. Сферические координаты.
2. Найти коммутатор \hat{L}_x и \hat{L}_y .
3. Энергетические спектральные термы.
4. Динамическое значение квантовых чисел.
5. Имеют ли общие собственные функции \hat{L}^2 и \hat{L}_x
6. При каком виде $u(\vec{r})$ у частицы энергетический спектр сплошной?

Вариант №2

1. Общие свойства движения в центрально симметрических полях.
2. Найти коммутатор \hat{L}_x и \hat{L}_z .
3. Обоснование устойчивости атома. Квантово-механическая модель атома
4. Динамический смысл главного квантового числа.
5. При каком виде $u(\vec{r})$ энергетический частицы дискретный?
6. Можно ли одним эксперименте измерить \hat{L}_x и \hat{L}_z .

Вариант №3

1. Радиальное уравнение Шредингера. Типичные виды $u(\vec{r})$, анализ энергетических спектров.
2. Найти коммутатор \hat{L}_y и \hat{L}_z .
3. Энергетические уровни водородоподобного атома.
4. Динамическое значение квантовых чисел.
5. Собственные функции операторов \hat{L}_y и \hat{L}^2 .
6. Условие наиболее вероятных стационарных состояний электрона в атоме.

Вариант №4

1. Водородоподобный атом.
2. Найти коммутатор \hat{L}_y и \hat{L}_x .
3. Квантово-механическая модель атома.
4. Собственные функции и собственные значения \hat{L}^2 .
5. Имеют ли общие собственные функции операторы \hat{L}_x и \hat{L}_y .
6. Что такое спектральный терм.

Вариант №5

1. Спектральные термы. Спектральные серии водородоподобных атомов
2. Найти коммутатор \hat{L}_z и \hat{L}_x .
3. Собственные функции и собственные значения \hat{L}_z .
4. Динамическое смысл орбитального квантового числа.
5. Имеют ли общие собственные функции операторы \hat{L}_z и \hat{L}_x .
6. При каком виде $u(\vec{r})$ частицы может иметь как сплошной, так и дискретный спектр.

Вариант №6

1. Задача о движении частицы в центрально-симметричном поле.
2. Найти коммутатор \hat{L}_y и \hat{L}_x .
3. Спектральные термы.
4. Радиальное уравнение Шредингера.
5. Вероятность найти электрон вне атома в стационарном состоянии по Боровской теории квантования.
6. Можно ли точно измерить в одном эксперименте \hat{L}_z и \hat{L}_x .

Вариант №7

1. Общие свойства движения в центрально симметрических полях.
2. Можно ли точно измерить в одном эксперименте \hat{L}_z и \hat{L}_x .
3. Волновые функции водородоподобных атомов. Устойчивость атома. Квантово-механическая модель атома
4. Энергетические уровни водородоподобного атома.
5. Вид собственных функций оператора \hat{L}^2 , имеют ли еще какие-либо операторы такие же собственные функции.

3. Задания для итогового контроля знаний**Вариант №1**

1. Корпускулярно-волновой дуализм. Смысл этого свойства микрообъектов.
2. Состояние частицы описывается волновой функцией $\psi(x, y) = C_1 \psi_1(x, y) + C_2 \psi_2(x, y)$. Каков физический смысл этого выражения? В каких базисных состояниях при этом может находиться частица?
3. Что означает выражение $\int_{-5}^{+5} |\psi(x)|^2 dx = 1$?
4. Перемножьте оператора $A = \frac{d}{dx}$ и $B = x + 1$.
5. Определите характер поля: $U(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } -a < x < a \\ U_0 & \text{при } x < -a, \quad x > a \end{cases}$. Какой энергетический спектр будет иметь частица в области $-a < x < a$ при $E < U_0$?
6. Стационарное уравнение Шредингера в операторной форме. Какие состояния называются стационарными?
7. Что означают понятия «бозоны», «фермионы»?

Вариант №2

1. Состояние неопределенностей Гейзенберга, его содержание.
2. Состояние частиц описывается волновой функцией $\psi(x) = A_1 e^{ikx} + A_2 e^{-ikx}$. Охарактеризуйте это состояние.
3. Что означает это выражение $W = \int_0^5 |\psi(x)|^2 dx$?
4. Перемножьте операторы: $A = \frac{d}{dx}$ $B = x^2$.
5. Определите характер поля: $U(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x < -a, \quad x > a \\ U_0 & \text{при } -a < x < a \end{cases}$. Какое явление будет иметь место, если частица при $E < U_0$ движение из области $X < -a$ в область $X > a$?
6. Временное уравнение Шредингера, его философский смысл.
7. Принцип тождественности.

Вариант №3

1. Гипотеза Планка. Формулы энергии и импульса кванта света.
2. У микрочастицы в состоянии $\psi(x, t) = A \exp \frac{i}{h} (E_1 t - p_1 x)$ имели импульс. Что при этом получили? Изменилось ли при изменении состояние частицы? Ответ обоснуйте.
3. Что означает выражение $\omega \sim |\psi(x, t)|^2$?
4. Перемножьте операторы $A = \frac{d}{dx}$ и $B = x + \frac{d}{dx}$.
5. Определите характер поля $U(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x < 0, \quad x > a \\ U_0 & \text{при } 0 < x < a \end{cases}$. Объясните, может ли частица при $E = 0,7U_0$ из области $x < 0$ попасть в область $x > a$?
6. Квантовые числа, характеризующие состояние электронов в атоме.
7. Какие состояния называются стационарными?

Вариант №4

1. Гипотеза де Бройля. Формула волны де Бройля.
2. У микрочастицы в состоянии $\psi(x, t) = A \exp \frac{i}{h} (E_1 t - p_1 x)$ при измерении координаты получили значение x_1 . Каков при этом будет импульс частицы? Ответ обоснуйте.
3. Что означает выражение $\psi(x) = \sum_{j=1}^3 C_j \psi_j(x)$?
4. Перемножьте операторы $A = \frac{d}{dx}$ $B = x$.
5. Определите характер поля $U(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x < 0 < a \\ U_0 & \text{при } x < 0, x > a \end{cases}$. Объясните, сможет ли частица при $E < U_0$ из области $0 < X < a$ попасть в область $X > a$?
6. Принцип Паули.
7. Что означает понятие «спин» частицы?

4. Итоговый контроль в форме экзамена

Экзаменационный билет №1

1. Корпускулярно-волновой дуализм. Волны де Бройля. Длина волны де Бройля. Групповая скорость. Фазовая скорость. Группа волн.
2. Молекула водорода. Обменная энергия.
3. Задача

Экзаменационный билет №2

1. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Принцип дополнительности Бора.
2. Атом гелия (качественный анализ).
3. Задача

Экзаменационный билет №3

1. Вероятностный характер законов микромира и поведения микрочастиц. Вероятность импульса микрочастицы.
2. Атом гелия (качественный анализ).
3. Задача

Экзаменационный билет №4

1. Статистические ансамбли микрочастиц. Чистые и смешанные состояния.
2. Обменная энергия.
3. Задача

Экзаменационный билет №5

1. Линейные самосопряженные операторы. Их свойства и действие над операторами.
2. Периодическая система элементов Менделеева. Построение электронных оболочек атомов.
3. Задача

Экзаменационный билет №6

1. Общая формула для среднего значения величины и для среднего квадратичного отклонения. Собственные функции и собственные значения операторов, и их физический смысл.
2. Валентность.
3. Задача

Экзаменационный билет №7

1. Квантово-механическая модель атома.
2. Экспериментальное обнаружение спинового магнитного момента электрона. Опыт Штерна и Герлаха.
3. Задача

Экзаменационный билет №8

1. Основные свойства собственных функций. Нормировка собственных функций. Собственные значения. Вырожденные состояния.
2. Принцип тождественности микрочастиц. Симметричные и антисимметричные состояния. Частицы Бозе и Ферми. Принцип Паули.
3. Задача

Экзаменационный билет №9

1. Общий метод вычисления вероятностей результатов измерения. Условия возможности одновременного измерения разных физических величин.

2. Теория возмущений. Постановка вопроса.
3. Задача

Экзаменационный билет №10

1. Операторы координаты и импульса микрочастицы.
2. Теория возмущений. Возмущение в отсутствие вырождения.
3. Задача

Экзаменационный билет №11

1. Оператор момента импульса микрочастицы.
2. Теория возмущений. Возмущение при наличии вырождения.
3. Задача

Экзаменационный билет №12

1. Оператор энергии и функция Гамильтона. (Декартовая и сферическая система координат).
2. Расщепление уровней в случае двукратного вырождения.
3. Задача

Экзаменационный билет №13

1. Гамильтониан. Гамильтониан для движения заряженной частицы.
2. Оператор спина электрона. Спиновые функции.
3. Задача

Экзаменационный билет №14

1. Уравнение Шредингера.
2. Расщепление спектральных линий в магнитном поле.
3. Задача

Экзаменационный билет №15

1. Закон сохранения числа частиц.
2. Уравнение Паули.
3. Задача

Экзаменационный билет №16

1. Стационарные состояния. Уравнение Шредингера для стационарных состояний.
2. Оператор полного механического момента электрона.
3. Задача

Экзаменационный билет №17

1. Частица в потенциальной яме с бесконечными стенками.
2. Движение в поле центральной силы.
3. Задача

Экзаменационный билет №18

1. Частица в потенциальной яме конечной глубины.
2. Движение в кулоновском поле ядра.
3. Задача

Экзаменационный билет №19

1. Производные операторов по времени. Квантовая скобка Пуассона.
2. Спектр и волновые функции атома водорода.
3. Задача

Экзаменационный билет №20

1. Уравнение движения в квантовой механике.
2. Токи в атомах. Магнеток.
3. Задача

Экзаменационный билет №21

1. Интеграл движения в квантовой механике.
2. Линейный гармонический осциллятор. Нулевая энергия.
3. Задача

Экзаменационный билет №22

1. Теоремы Эренфеста.
2. Потенциальные барьеры. Туннельный эффект. Над барьерное рассеяние.
3. Задача

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Результаты формирования компетенций по дисциплине оцениваются по балльно-рейтинговой системе.

Всего по дисциплине студент может набрать 100 баллов (или более с учетом бонусных баллов), из которых 20 баллов составляют баллы за посещаемость, 50 – за активность и 30 студент получает на зачете или на экзамене.

Всего по дисциплине предусмотрено два модуля. Для расчета баллов, полученных студентом за модуль и итогового рейтинга с учетом трудоемкости дисциплины, включенной в учебный план, показатели (по посещению, активности, рубежного контроля) перемножаются на соответствующие коэффициенты. Данные коэффициенты определяются отдельно для каждого модуля следующим образом:

Коэффициент посещения - $K_{\text{посещ.}}=10/ N_{\text{зан.}}$

Коэффициент активности - $K_{\text{актив.}}=25/ N_{\text{актив.}}$

Где:

$N_{\text{зан.}}$ – количество занятий (пар) по дисциплине в данном модуле;

$N_{\text{актив.}}$ – максимальное количество баллов, которое может набрать студент на занятиях (практических, семинарских, лабораторных) в данном модуле + баллы, полученные на рубежном контроле.

Баллы, полученные студентами, заносятся в журнал БРС сразу после окончания занятия, во время которого эти баллы были получены.

Оценка на промежуточном контроле (экзамен) выставляется по результатам баллов, полученным студентом в сумме обоих модулей по следующей таблице

Набранные студентом баллы	Оценка на промежуточном контроле, если дисциплина завершается экзаменом (зачетом с оценкой)	Оценка на промежуточном контроле, если дисциплина завершается зачетом
от 0 до 50	неудовлетворительно	не зачтено
от 51 до 64	удовлетворительно	зачтено
от 65 до 74	хорошо	
от 75 до 100	отлично	

Для процедуры оценивания используются тесты, контрольные работы.

Наиболее способным студентам преподаватель рекомендует специальную научную разработку отдельных тем и проблем курса в рамках работы кафедрального кружка студенческого научного общества с последующими выступлениями на ежегодных научных конференциях университета.

Тестирование: на практических занятиях реализуется **тестирование** студентов с целью контроля результатов их самостоятельной работы по усвоению основных понятий и тем курса.

Оценка работы с тестовыми заданиями:

0-20% правильных ответов оценивается как «неудовлетворительно»; 30-50% - «удовлетворительно»; 60-80% - «хорошо»; 80-100% – «отлично».

Система оценки ответа студента на экзамене:

Оценка за каждый вопрос и итоговая оценка выставляется в 4-х бальной системе: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно". При этом:

Оценка "отлично" выставляется при глубоком и всестороннем знании материала учебной программы, грамотном и логически стройном его изложении, умении на основе теоретических знаний решать практические задачи.

Оценка "хорошо" выставляется при твердом и достаточно полном знании материала учебной программы, отсутствии существенных неточностей при его изложении и в ответах на вопросы, умении решать практические задачи.

Оценка "удовлетворительно" выставляется при наличии неточностей в знании основного материала, при допущении ошибок при выполнении практических заданий.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется при незнании основных вопросов экзаменационного билета или наличии грубых ошибок в ответах на них, неумении на основе теоретических знаний решать практические задачи.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

8.1. Основная учебная литература

1. Демидович Б.П. Математические основы квантовой механики. - СПб.: Лань, 2005. -200 с.
2. Гольдин Л.Л. Квантовая физика. -М.: ИКИ, 2002. -496 с.
3. Иродов И.Е. Квантовая физика: основные законы. -М.: Лаборатория базовых знаний, 2001. -272 с.
4. Савельев И.В. Курс физики т 3. Квантовая оптика. - СПб.: Лань, 2007. -320 с.
5. Паршаков А.Н. Введение в квантовую физику: уч.пособие. -СПб.: Лань, 2010. -352 с.

8.2. Дополнительная учебная литература

1. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. - М.: Просвещение, 2006.
2. Давыдов А.С. Квантовая механика. - М.: Просвещение, 2008.
3. Серова Ф.Г., Янкина А.А. Сборник задач по теоретической физике. - М.: Просвещение, 2004.
4. Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковский В.Ч. Квантовая механика. - М.: Просвещение, 2005.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. - М.: Наука, 2005.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
3. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства (<http://www.fepo.ru/>)
4. Физика [Электронный ресурс]: реф. журн. ВИНТИ. № 7 - 12, 2008 / Всерос. ин-т науч. и техн. информ. - М.: [Изд-во ВИНТИ], 2008.
5. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru/> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
6. Федеральный центр образовательного законодательства. <http://www.lexed.ru>
7. Научная электронная библиотека РФФИ (Elibrary) (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>)
8. <http://aps.arxiv.ru/> - архив электронных препринтов по физике, математике и компьютерным наукам
9. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> — электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
10. <http://www.phys.spbu.ru/library/> электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Для изучения курса студентам необходимо использовать лекционный материал, учебники и учебные пособия из списка литературы, статьи из периодических изданий, ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Кроме того, целесообразно использовать следующие методические материалы:

1. Варианты контрольных работ и тестов.
2. Задачи для практических занятий и самостоятельной работы.
3. Раздаточный материал для практических занятий.
4. Задания для промежуточного и текущего контроля знаний студентов.
5. Электронную базу данных по дисциплине.
6. Рабочие тетради студентов.

Для теоретического и практического усвоения дисциплины большое значение имеет самостоятельная работа студентов, которая может осуществляться студентами индивидуально и под руководством преподавателя.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом в объеме не менее 50-70% общего количества часов, направлена на более глубокое усвоение изучаемого курса, формирование навыков исследовательской работы и ориентирование студентов на умение применять теоретические знания на практике.

Для успешного освоения учебного материала курса «Квантовая механика» требуются систематическая работа по изучению лекций и рекомендуемой литературы, решению домашних задач и домашних контрольных работ, а также активное участие в работе практических занятий.

Показателем освоения материала служит успешное решение задач, предлагаемых домашних контрольных работ и выполнение аудиторных самостоятельных и контрольных работ.

В качестве оценочных средств программой дисциплины предусматривается:

- текущий контроль (аудиторные контрольные работы, домашние задания).
- промежуточный контроль.

Формы текущего, промежуточного и итогового контроля.

Текущий контроль:

- Самостоятельные работы
- Индивидуальные задания
- Опрос студентов

Промежуточный контроль:

- Контрольная работа по курсу

Итоговый контроль:

- экзамен

Критерии оценок

В основе оценки знаний по предмету лежат следующие основные требования:

- освоение всех разделов теоретического курса программы;
- умение применять полученные знания к решению конкретных задач.

Ответ заслуживает **отличной оценки**, если экзаменуемый показывает знания, в полной степени, отвечающие предъявляемым к ответу требованиям: это требование основных понятий и приемов решения задач. Отличная оценка характеризует свободную ориентацию экзаменуемого в предмете. Ответы на вопросы, в том числе и дополнительные, должны обнаруживать уверенное владение терминологией, основными умениями и навыками.

Хорошая оценка характеризует тот ответ, который не в полной степени удовлетворяет вышеперечисленным критериям, однако, экзаменуемый обнаруживает прочные знания в объеме курса. Ответ должен быть достаточно аргументирован, вопросы глубоко и осмысленно изложены.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за то, что ответ экзаменуемого соотносится с основными требованиями, т.е. имеются в виду твердые знания в объеме учебной программы и умение владеть терминологией. Удовлетворительная оценка выставляется за знание в целом, однако, отдельные детали могут быть упущены.

Неудовлетворительная оценка выставляется, если ответ не удовлетворяет хотя бы одному из требований или отсутствуют знания основных понятий и методов решения задач.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Электронная библиотека курса, конспекты лекций, задания для практических занятий и самостоятельной работы, варианты тестовых заданий для проверки текущих и остаточных знаний студентов, варианты заданий для текущего и промежуточного контроля знаний обучающихся
2. Компьютерное и мультимедийное оборудование ДГПУ.
3. Методические рекомендации по изучению дисциплины.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для проведения лекционных и практических занятий имеются аудитории, оснащенные всей необходимой мебелью и инвентарем. Для отдельных занятий аудитории оснащены проектором, ноутбуком и интерактивным экраном для демонстрации слайдов и т.п.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ПрОПОП ВО по направлению 44.03.05 «Педагогическое образование» (с двумя профилями подготовки), профили «Физика» и «Математика».