

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**
Квантовая теория

Код модуля
1146326(1)

Модуль
Теоретическая физика

Екатеринбург

Оценочные материалы составлены автором(ами):

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Москвин Александр Сергеевич	доктор физико-математических наук, профессор	Профессор	теоретической и математической физики
2	Тебеньков Александр Владимирович	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

Согласовано:

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

Авторы:

- Москвин Александр Сергеевич, Профессор, теоретической и математической физики
- Тебеньков Александр Владимирович, Доцент, физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Квантовая теория

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	4	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	2
		Коллоквиум	1
		Домашняя работа	1

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Квантовая теория

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-1 -Способен использовать фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, в профессиональной деятельности	Д-1 - Демонстрировать навыки самообразования З-2 - Интерпретировать основные теоретические положения фундаментальных разделов естественных наук, необходимые для освоения компетенций по профилю деятельности П-1 - Демонстрировать навыки применения простейших математических теорий и моделей для решения задач профессиональной деятельности	Домашняя работа Коллоквиум Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен

	У-1 - Определять пути решения задач профессиональной деятельности, опираясь на знания основных закономерностей, законов, теории математики	
УК-1 -Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач, в том числе в цифровой среде	<p>Д-1 - Проявлять способность к логическому и критическому мышлению</p> <p>Д-3 - Демонстрировать аналитические умения и критическое мышление, любознательность</p> <p>Д-7 - Проявлять аналитические умения</p> <p>З-10 - Демонстрировать понимание научной, в том числе физической, картины мира, с позиций системного подхода к познанию важнейших принципов и общих законов, лежащих в основе окружающего мира</p> <p>З-2 - Излагать принципы системного исследования объектов мира и процессов познания, закономерностей развития природы и общества и его роль в развитии научного, технического и практически-ориентированного знания</p> <p>З-7 - Излагать принципы и обосновывать методы системного подхода для постановки целей, задач и реализации основных стадий проектной деятельности, в том числе с использованием цифровых инструментов</p> <p>П-4 - Предлагать пути решения поставленных задач, опираясь на философский анализ закономерностей и тенденций развития природы, общества, в том числе глобальной цифровизации, и познания</p> <p>П-6 - Работая в команде или самостоятельно решать поставленные задачи проектной деятельности на основе системного анализа и с</p>	<p>Домашняя работа</p> <p>Коллоквиум</p> <p>Контрольная работа № 1</p> <p>Контрольная работа № 2</p> <p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>

	<p>использованием цифровых инструментов</p> <p>У-1 - Осмысливать явления окружающего мира во взаимосвязи, целостности и развитии, выстраивать логические связи между элементами системы</p> <p>У-11 - Анализировать, сопоставлять и систематизировать информацию, выводить умозаключения, опираясь на законы логики, и правильно формулировать суждения для решения поставленных задач</p> <p>У-4 - Самостоятельно вырабатывать технологии критического мышления как способа противодействия неконструктивному коммуникативному и социальному влиянию</p>	
<p>ПК-1 -Способен использовать знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач в области физики магнитных явлений, медицинской и теоретической физики, физики конденсированного состояния</p>	<p>З-1 - Знать основные методы теоретических и экспериментальных физических исследований</p> <p>П-1 - Предлагать использование методов теоретических и экспериментальных физических исследований при решении поставленных задач</p> <p>У-1 - Самостоятельно формулировать задачу в рамках рассматриваемой проблемы</p>	<p>Домашняя работа</p> <p>Коллоквиум</p> <p>Контрольная работа № 1</p> <p>Контрольная работа № 2</p> <p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>

3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.90

Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>коллоквиум</i>	6,8	50
<i>контрольная работа 1</i>	6,12	50
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.50		
Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.50		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.10		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Домашняя работа</i>	6,10	40
<i>Контрольная работа 2</i>	6,14	60
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 1.00		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –не предусмотрено		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		
4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		

3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
---	---------------------------------	------------------------------

Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено		

4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)			
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное)	Шкала оценивания	
		Традиционная характеристика уровня	Качественная характеристика уровня

	задание)			
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

5.1.2. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. Операторы, матрицы
2. Перестановочные соотношения
3. Соотношение неопределенности
4. Алгебра матриц Паули
5. Одномерное движение
6. Гармонический осциллятор
7. Алгебра Бозе-операторов
8. Алгебра момента количества движения
9. Спин-гамильтонианы
10. Атом водорода
11. Стационарная теория возмущений

Примерные задания

1. Найти перестановочные соотношения для компонент вектор-матрицы $\hat{\Sigma}$: $\hat{\Sigma}_{ik}^{(j)} = i\varepsilon_{ijk}$.
2. Доказать, что $[\hat{\mathbf{p}}^2, V] = -\hbar^2 \Delta V - 2i\hbar(\nabla V \cdot \hat{\mathbf{p}})$, где $V = V(\mathbf{r})$.
3. Используя соотношение неопределенностей Гейзенберга, найти энергию основного состояния линейного гармонического осциллятора.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

Базовый

5.2.1. Контрольная работа № 1

Примерный перечень тем

1. Операторы, матрицы.
2. Перестановочные соотношения.
3. Соотношение неопределенности.
4. Алгебра матриц Паули.
5. Одномерное движение.

Примерные задания

1. Найти перестановочные соотношения для компонент вектор-матрицы $\hat{\Sigma}$: $\hat{\Sigma}_{ik}^{(j)} = i\varepsilon_{ijk}$.
2. Доказать, что $[\hat{\mathbf{p}}^2, V] = -\hbar^2 \Delta V - 2i\hbar(\nabla V \cdot \hat{\mathbf{p}})$, где $V = V(\mathbf{r})$.
3. Используя соотношение неопределенностей Гейзенберга, найти энергию основного состояния линейного гармонического осциллятора.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.2. Контрольная работа № 2

Примерный перечень тем

1. Гармонический осциллятор
2. Алгебра Бозе-операторов
3. Алгебра момента количества движения
4. Спин-гамильтонианы

Примерные задания

1. Рассчитать матрицу операторов x^2 , x^3 , x^4 на базисе СФ оператора $\hat{n} = \hat{a}^\dagger \hat{a}$ в линейном гармоническом осцилляторе. Найти средние значения $\langle x^3 \rangle_n$, $\langle x^4 \rangle_n$.
2. Найти собственные функции квадрата и z-компоненты полного момента, являющегося суммой двух моментов $s_1 = s_2 = \frac{1}{2}$.
3. Найти собственные значения и собственные функции оператора

$V_{AS} = I(\vec{S}_1 \cdot \vec{S}_2) + \vec{D} \cdot [\vec{S}_1 \times \vec{S}_2]$, представляющего собой сумму изотропного гейзенберговского обменного взаимодействия и антисимметричного обмена Дзялошинского-Мория ($S_1 = S_2 = \frac{1}{2}$).

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.3. Коллоквиум

Примерный перечень тем

1. Основные постулаты и принципы квантовой теории
2. Операторный формализм в квантовой механике

Примерные задания

1. Сформулировать основные постулаты и принципы квантовой теории
2. Физические величины и эрмитовые операторы

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.4. Домашняя работа

Примерный перечень тем

1. Атом водорода
2. Стационарная теория возмущений

Примерные задания

1. Рассчитать матрицу электрического дипольного момента электрона на базисе состояний атома водорода с $n=2$.
2. Найти среднее значение электрического квадрупольного момента в $2p_z$ - состоянии атома водорода.
3. Найти распределение вероятностей различных значений импульса в основном состоянии атома водорода.
4. Рассчитать эффект Штарка для основного ($n=1$) и первого возбужденного ($n=2$) состояний атома водорода.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Квантовая гипотеза Планка. Формула Планка.
2. Соотношения корпускулярно-волнового дуализма Эйнштейна и де Бройля, волны материи де Бройля. Опыты Дэвиссона-Джермера.
3. Теория атома водорода Бора. Пространственное квантование Зоммерфельда. Опыты Штерна-Герлаха, спин электрона.
4. Матричная механика Гейзенберга. Матричное представление операторов. Физические величины и эрмитовые операторы в квантовой механике. Примеры эрмитовых операторов. Смысл и свойства собственных значений и собственных функций.
5. Основные постулаты и принципы квантовой механики.

6. Волновое уравнение Шредингера, вероятностный смысл волновой функции по Борну
Вырождение в квантовой механике. Мультиплеты. Примеры операторов с вырожденным и невырожденным спектром собственных значений.
7. Собственные значения и собственные функции эрмитовых операторов. Свойства, примеры.
8. Матрицы Паули и их свойства.
9. Перестановочные соотношения в квантовой механике. Примеры. Свойства коммутирующих операторов.
10. Соотношение неопределенностей. Примеры и примеры использования.
11. Принцип суперпозиции. Свойства мультиплетов.
12. Измерение в квантовой механике. Среднее значение.
13. Преобразования в квантовой механике. Преобразования симметрии, их свойства.
14. Преобразование сдвига и оператор импульса.
15. Преобразование поворота и оператор момента количества движения.
16. Векторные волновые функции и спин $S=1$.
17. Операторы повышения/понижения проекции момента, их свойства.
18. Основные соотношения алгебры момента количества движения.
19. Сложение моментов количества движения. Коэффициенты Клебша-Гордана.
20. Алгебра Бозе-операторов.
21. Уравнение Шредингера. Плотность вероятности и плотность потока вероятности.
22. Примеры токовых и нетоковых состояний.
23. Свойства стационарных состояний.
24. Уравнение движения для операторов. Законы сохранения в квантовой механике.
25. Симметрия и законы сохранения в квантовой механике.
26. Уравнения Эренфеста – квантовый аналог уравнений Ньютона.
27. Одномерное движение. Кусочно-постоянный потенциал. Бесконечно глубокая потенциальная яма. Волновые функции, энергетический спектр.
28. Двухъямный потенциал, связывающие и антисвязывающие состояния, туннельное расщепление.
29. Прохождение через потенциальный барьер. Туннельный эффект. Формула Гамова.
30. Одномерный периодический потенциал. Потенциал Кронига-Пенни. Блоховские функции. Закон дисперсии для частицы в периодическом потенциале.
31. Гармонический осциллятор. Гамильтониан, энергетический спектр, волновые функции. Метод Бозе-операторов в гармоническом осцилляторе.
32. Движение в центральном поле. Разделение переменных. Вид волновой функции, общий характер энергетического спектра. Свойства сферических гармоник.
33. Пространственный ротатор. Гамильтониан, энергетический спектр, волновые функции, вырождение.
34. Атом водорода. Гамильтониан, энергетический спектр, волновые функции, квантовые числа, вырождение.
35. Токовые и нетоковые атомные $n\ell$ -состояния
36. Радиальное распределение плотности вероятности в атомных $n\ell$ -состояниях.
37. Угловое распределение плотности вероятности в атомных $n\ell$ -состояниях. $sp_{1,2,3}$ -гибридизация.
38. Основы квантовой химии. Метод МО-ЛКАО.
39. Вариационные методы в квантовой теории. Прямой вариационный метод Ритца.

40. Уравнение Шредингера и вариационный принцип.
41. Стационарная теория возмущений. Невырожденный уровень. Поправки к энергии и функциям.
42. Стационарная теория возмущений. Вырожденный уровень. Поправки к энергии в первом приближении.
43. Стационарная теория возмущений. Случай двух близких уровней.
44. Сверхтонкие взаимодействия (СТВ). Гамильтониан магнитных СТВ.
45. Сверхтонкая структура спектра атома водорода.
46. Ядерные квадрупольные взаимодействия.
- LMS-платформа – не предусмотрена

5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология самостоятельной работы	ПК-1	У-1	Домашняя работа Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2