

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет/Институт Физико-технический

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

_____ Т.А. Хагуров
подпись

« _____ » _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Б1.О.16.03 «Квантовая механика и основы квантовой теории поля»

03.03.02 Физика

Фундаментальная физика

Форма обучения очная

Квалификация бакалавр

Краснодар 2023

Рабочая программа дисциплины «Квантовая механика и основы квантовой теории поля» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки / специальности 03.03.02 Физика

Программу составила:

О.М. Жаркова, доцент, к.ф.-м.н.

И.О. Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание

подпись

Рабочая программа дисциплины Квантовая механика и основы квантовой теории поля утверждена на заседании кафедры Теоретической физики и компьютерных технологий протокол № _____
« ____ » _____ 20__ г.
Заведующий кафедрой Лебедев К.А.

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета
протокол № _____ « ____ » _____ 20__ г.
Председатель УМК ФТФ доктор физ.-мат. наук, проф., зав. каф. физики информационных систем Богатов Н.М.. _____

Рецензенты:

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины

Формирование у студентов представлений о способах описания квантовых систем и квантовомеханических закономерностях, лежащих в основе современной физики.

1.2 Задачи дисциплины

1. Изучение основных постулатов квантовой механики.
2. Изучение математического аппарата квантовой теории.
3. Изучение основных свойств состояний квантовых систем и решений уравнения Шредингера, в том числе точно решаемых моделей.
4. Изучение приближенных методов решения задач квантовой механики.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Квантовая механика и основы квантовой теории поля» относится к обязательной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана.

Дисциплина базируется на дисциплинах цикла Б1, в частности «Б1.О.14.01 Математический анализ», «Б1.О.15 Общая физика».

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

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	
ОПК-1.1 Понимает теоретические и методологические основания избранной области физико-математических и (или) естественных наук	Знает основные принципы и положения квантовой механики, методы решения классических задач квантовой механики, принципиальные основы приближенных методов квантовой механики. Умеет продемонстрировать применение приближенных методов при решении конкретных задач квантовой теории. Владеет навыками постановки задач квантовой механики и методами их решения.

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

3 зачетных единицы (108 часов (в 5 семестре), из них – 68,2 часа аудиторной нагрузки: лекционных 34 ч., практических 34 ч.; 35,8 часа самостоятельной работы)

4 зачетных единицы (144 часов (в 6 семестре), из них – 64,3 часа аудиторной нагрузки: лекционных 32 ч., практических 32 ч.; 48 часов самостоятельной работы, 26,7 - контроль)

Виды работ	Всего часов	Форма обучения			
		очная		очно-заочная	заочная
		5 семестр (часы)	6 семестр (часы)	X семестр (часы)	X курс (часы)
Контактная работа, в том числе:	41,5	72,2	69,3	-	-
Аудиторные занятия (всего):	132	68	64	-	-
занятия лекционного типа	66	34	32	-	-
лабораторные занятия	-	-	-	-	-
практические занятия	66	34	32	-	-
семинарские занятия	-	-	-	-	-
Иная контактная работа:	9,5	4,2	5,3	-	-
Контроль самостоятельной работы (КСР)	9	4	5	-	-
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,5	0,2	0,3	-	-
Самостоятельная работа, в том числе:	83,5	35,8	48	-	-
<i>Контрольная работа</i>	25	10	15	-	-
<i>Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям, коллоквиуму)</i>	33,8	15,8	18	-	-
Подготовка к текущему контролю	25	10	15	-	-
Контроль:	26,7	-	26,7	-	-
Подготовка к экзамену	26,7	-	26,7	-	-
Общая трудоемкость	216	108	108	144	
	141,5	41,5	72,2	69,3	
	4	4	3	4	

2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 4 семестре (на 2 курсе) (очная форма обучения)
(5 семестр).

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Основные понятия квантовой механики	9	2	2	-	5
2.	Математический аппарат квантовой механики	19	4	10	-	5
3.	Уравнение Шредингера	13	4	4	-	5
4.	Элементы теории момента импульса	15	4	4	-	5
5.	Частица в потенциальной яме	17	6	6	-	5
6.	Потенциальный порог и барьер	15	8	4	-	5
7.	Квантовый гармонический осциллятор	15,8	6	4	-	5,8
	ИТОГО по разделам дисциплины	103,8	34	34	-	35,8
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2				
	Подготовка к текущему контролю	-				
	Общая трудоемкость по дисциплине	108				

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины
(6 семестр).

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
8.	Состояние электронов в атоме. Спин электрона	16	4	4	-	8
9.	Магнитный момент атома	14	4	4	-	6
10.	Стационарная теория возмущений	20	6	6	-	8
11.	Нестационарная теория возмущений	14	4	4	-	6
12.	Квазиклассическое приближение	14	4	4	-	6
13.	Вариационный метод Ритца	14	4	4	-	6
14.	Элементы квантовой теории рассеяния	20	6	6	-	8
	ИТОГО по разделам дисциплины	112	32	32	-	48
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	5				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3				
	Подготовка к текущему контролю	26,7				
	Общая трудоемкость по дисциплине	144				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Основные понятия квантовой механики	Волновые свойства микрочастиц. Корпускулярно-волновой дуализм. Гипотеза де Бройля. Соотношение неопределенностей. Волновые функции	К
2.	Математический аппарат квантовой механики	Операторы в квантовой механике. Основные физические операторы. Эрмитовость операторов.	К
3.	Математический аппарат квантовой механики	Собственные значения и собственные функции. Спектр собственных значений. Коммутационные соотношения.	К
4.	Уравнение Шрёдингера	Зависящее от времени уравнение Шрёдингера. Изменение квантовых состояний во времени.	К
5.	Уравнение Шрёдингера	Стационарное уравнение Шрёдингера. Стационарное состояние свободной частицы. Плотность потока вероятности. Суперпозиция стационарных состояний	К
6.	Элементы теории момента импульса	Оператор момента импульса. Оператор проекции момента импульса. Оператор квадрата момента импульса.	К
7.	Элементы теории момента импульса	Оператор момента импульса в сферической системе координат. Оператор квадрата момента импульса в сферической системе координат	К
8.	Частица в потенциальной яме	Одномерная потенциальная яма бесконечной глубины. Ортогональность функций и суперпозиция состояний частицы в потенциальной яме.	К
9.	Частица в потенциальной яме	Сферически-симметричная потенциальная яма. Одномерная потенциальная яма конечной глубины.	К
10.	Частица в потенциальной яме	Двумерная потенциальная яма с бесконечно-высокими стенками. Трехмерная потенциальная яма с бесконечно-высокими стенками	К
11.	Потенциальный порог и барьер	Движение частицы в области потенциального порога. Коэффициенты отражения и прохождения частицы через порог.	К
12.	Потенциальный порог и барьер	Прохождение частицы через потенциальный барьер. Прямоугольный барьер.	К
13.	Потенциальный порог и барьер	Прохождение частицы через потенциальный барьер. Барьер произвольной формы.	К
14.	Потенциальный порог и барьер	Прохождения частицы через цепочку последовательно	К

	барьер	расположенных потенциальных барьеров. Туннельный эффект.	
15.	Квантовый гармонический осциллятор	Линейный гармонический осциллятор. Свойства квантового осциллятора. Полное решение уравнения Шредингера для одномерного осциллятора. Волновые функции линейного осциллятора. Энергия осциллятора..	<i>K</i>
16.	Квантовый гармонический осциллятор	Операторный подход к задаче о квантовом осцилляторе. Ангармонический осциллятор.	<i>K</i>
17.	Квантовый гармонический осциллятор	Нулевые колебания. Плотность энергии нулевых колебаний.	<i>K</i>
18.	Состояние электронов в атоме. Спин электрона	Орбитальный момент электрона. Спин и полный момент электрона. Распределение электронов в атоме (электронная конфигурация)	<i>K</i>
19.	Состояние электронов в атоме. Спин электрона	Нахождение термов при заданной электронной конфигурации	<i>K</i>
20.	Магнитный момент атома	Гиромагнитное отношение. Полный магнитный момент атома. Фактор Ланде.	<i>K</i>
21.	Магнитный момент атома	Расщепление спектральных линий в магнитном поле. Простой эффект Зеемана. Сложный эффект Зеемана.	<i>K</i>
22.	Стационарная теория возмущений	Стационарная теория возмущений. Невырожденный случай. Первый порядок теории возмущений.	<i>K</i>
23.	Стационарная теория возмущений	Второй порядок теории возмущений. Критерий применимости.	<i>K</i>
24.	Стационарная теория возмущений	Стационарная теория возмущений. Вырожденный случай	<i>K</i>
25.	Нестационарная теория возмущений	Постановка задачи. Представление взаимодействия. Возмущения, действующие в течении конечного времени.	<i>K</i>
26.	Нестационарная теория возмущений	Возбуждение осциллятора. Золотое правило Ферми. Критерии применимости.	<i>K</i>
27.	Квазиклассическое приближение	Квазиклассическое приближение. Граничные условия в классической точке остановки. Нормировка состояний непрерывного спектра.	<i>K</i>
28.	Квазиклассическое приближение	Связанные состояния дискретного спектра. Правило квантования Бора-Зоммерфельда. Нормировка связанных состояний дискретного спектра. Туннелирование.	<i>K</i>
29.	Вариационный метод Ритца	Вариационный принцип. Вариационный метод Ритца.	<i>K</i>
30.	Вариационный метод Ритца	Вариационный вывод уравнения Шредингера для стационарных состояний	<i>K</i>
31.	Элементы квантовой теории рассеяния	Постановка задачи рассеяния. Основные понятия теории рассеяния. Формулировка задачи рассеяния в квантовой механике. Понятие потенциального и многоканального рассеяния. Амплитуда рассеяния.	<i>K</i>
32.	Элементы квантовой теории рассеяния	Ряд Борна. Борновское приближение в теории потенциального рассеяния. Метод парциальных волн.	<i>K</i>
33.	Элементы квантовой теории рассеяния	Общие формулы для рассеяния на структурной мишени. Понятие канала рассеяния. Борновское приближение в многоканальном рассеянии. Метод сильной связи каналов.	<i>K</i>

2.3.2 Занятия семинарского типа (практические занятия)

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
	Основные понятия квантовой механики	Волновые свойства микрочастиц. Корпускулярно-волновой дуализм. Гипотеза де Бройля. Соотношение неопределенностей. Волновые функции	Контрольная работа
2.	Математический аппарат квантовой механики	Операторы в квантовой механике. Основные физические операторы. Действие оператора	Контрольная работа

3.	Математический аппарат квантовой механики	Собственные значения и собственные функции. Спектр собственных значений.	Контрольная работа
4.	Математический аппарат квантовой механики	Эрмитовость операторов.	Контрольная работа
5.	Математический аппарат квантовой механики	Среднее значение величины	Контрольная работа
6.	Математический аппарат квантовой механики	Коммутационные соотношения.	Контрольная работа
7.	Уравнение Шредингера	Зависящее от времени уравнение Шредингера.	Контрольная работа
8.	Уравнение Шредингера	Стационарное уравнение Шредингера. Стационарное состояние свободной частицы. Плотность потока вероятности. Суперпозиция стационарных состояний	Контрольная работа
9.	Элементы теории момента импульса	Оператор момента импульса. Оператор проекции момента импульса. Оператор квадрата момента импульса.	Контрольная работа
10.	Элементы теории момента импульса	Оператор момента импульса в сферической системе координат. Оператор квадрата момента импульса в сферической системе координат	Контрольная работа
11.	Частица в потенциальной яме	Одномерная потенциальная яма бесконечной глубины. Ортогональность функций и суперпозиция состояний частицы в потенциальной яме.	Контрольная работа
12.	Частица в потенциальной яме	Сферически-симметричная потенциальная яма. Одномерная потенциальная яма конечной глубины.	Контрольная работа
13.	Частица в потенциальной яме	Двумерная потенциальная яма с бесконечно-высокими стенками. Трехмерная потенциальная яма с бесконечно-высокими стенками	Контрольная работа
14.	Потенциальный порог и барьер	Движение частицы в области потенциального порога. Коэффициенты отражения и прохождения частицы через порог.	Контрольная работа
15.	Потенциальный порог и барьер	Прохождение частицы через потенциальный барьер. Прямоугольный барьер. Барьер произвольной формы.	Контрольная работа
16.	Квантовый гармонический осциллятор	Линейный гармонический осциллятор. Свойства квантового осциллятора. Полное решение уравнения Шредингера для одномерного осциллятора. Волновые функции линейного осциллятора. Энергия осциллятора.	Контрольная работа
17.	Квантовый гармонический осциллятор	Операторный подход к задаче о квантовом осцилляторе. Ангармонический осциллятор.	Контрольная работа
18.	Состояние электронов в атоме. Спин электрона	Орбитальный момент электрона. Спин и полный момент электрона. Распределение электронов в атоме (электронная конфигурация)	Контрольная работа
19.	Состояние электронов в атоме. Спин электрона	Нахождение термов при заданной электронной конфигурации	Контрольная работа
20.	Магнитный момент атома	Гиромагнитное отношение. Полный магнитный момент атома. Фактор Ланде.	Контрольная работа
21.	Магнитный момент атома	Расщепление спектральных линий в магнитном поле. Простой эффект Зеемана. Сложный эффект Зеемана.	Контрольная работа
22.	Стационарная теория возмущений	Стационарная теория возмущений. Невырожденный случай. Первый порядок теории возмущений.	Контрольная работа
23.	Стационарная теория возмущений	Второй порядок теории возмущений. Критерий применимости.	Контрольная работа
24.	Стационарная теория возмущений	Стационарная теория возмущений. Вырожденный случай	Контрольная работа
25.	Нестационарная теория возмущений	Постановка задачи. Представление взаимодействия. Возмущения, действующие в течении конечного времени.	Контрольная работа
26.	Нестационарная теория возмущений	Возбуждение осциллятора. Золотое правило Ферми. Критерии применимости.	Контрольная работа

27.	Квазиклассическое приближение	Квазиклассическое приближение. Граничные условия в классической точке останова. Нормировка состояний непрерывного спектра.	Контрольная работа
28.	Квазиклассическое приближение	Связанные состояния дискретного спектра. Правило квантования Бора-Зоммерфельда. Нормировка связанных состояний дискретного спектра. Туннелирование.	Контрольная работа
29.	Вариационный метод Ритца	Вариационный принцип. Вариационный метод Ритца.	Контрольная работа
30.	Вариационный метод Ритца	Вариационный вывод уравнения Шредингера для стационарных состояний	Контрольная работа
31.	Элементы квантовой теории рассеяния	Постановка задачи рассеяния. Основные понятия теории рассеяния. Формулировка задачи рассеяния в квантовой механике. Понятие потенциального и многоканального рассеяния. Амплитуда рассеяния.	Контрольная работа
32.	Элементы квантовой теории рассеяния	Ряд Борна. Борновское приближение в теории потенциального рассеяния. Метод парциальных волн.	Контрольная работа
33.	Элементы квантовой теории рассеяния	Общие формулы для рассеяния на структурной мишени. Понятие канала рассеяния. Борновское приближение в многоканальном рассеянии. Метод сильной связи каналов.	Контрольная работа

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и т.д.

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

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

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Контрольная работа	1. Жаркова, О.М. Введение в квантовую теорию: учебно-методическое пособие / О.М. Жаркова - Краснодар: КубГУ, 2023. - 82 с. - ISBN 978-5-8209-2259-6. 2. Барановский, В.И. Квантовая механика и квантовая химия: учебное пособие / В. И. Барановский. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 428 с. - URL: https://e.lanbook.com/book/206195 (дата обращения: 10.11.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-8114-3961-4
2	Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям, коллоквиуму)	1. Жаркова, О.М. Введение в квантовую теорию: учебно-методическое пособие / О.М. Жаркова - Краснодар: КубГУ, 2023. - 82 с. - ISBN 978-5-8209-2259-6. 2. Барановский, В.И. Квантовая механика и квантовая химия: учебное пособие / В. И. Барановский. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 428 с. - URL: https://e.lanbook.com/book/206195 (дата обращения: 10.11.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-8114-3961-4
3	Подготовка к текущему контролю	1. Жаркова, О.М. Введение в квантовую теорию: учебно-методическое пособие / О.М. Жаркова - Краснодар: КубГУ, 2023. - 82 с. - ISBN 978-5-8209-2259-6. 2. Барановский, В.И. Квантовая механика и квантовая химия: учебное пособие / В. И. Барановский. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 428 с. - URL: https://e.lanbook.com/book/206195 (дата обращения: 10.11.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-8114-3961-4

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, практические занятия, проблемное обучение, работа в малых группах, комбинированный урок, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (мозгового штурма, разбора конкретных задач, группового обсуждения, устного блиц-опроса, формульного диктанта) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Техническая механика».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме *контрольных работ, коллоквиума* и **промежуточной аттестации** в форме вопросов и задач к экзамену.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей	Знает основные принципы и положения квантовой механики, методы решения классических задач	<i>Устный блиц-опрос. Коллоквиум. Контрольная работа №1 Контрольная работа №2 Контрольная работа №3</i>	<i>Вопрос на экзамене 1-30. Вопрос на зачете 1-24.</i>

	профессиональной деятельности	квантовой механики, принципиальные основы приближённых методов квантовой основы. Умеет продемонстрировать применение приближенных методов при решении конкретных задач квантовой теории. Владеет навыками постановки задач квантовой механики и методами их решения.		
--	-------------------------------	--	--	--

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
Примерный перечень вопросов и заданий

Вопросы для коллоквиума (5 семестр)

1. Волновые свойства микрочастиц. Корпускулярно-волновой дуализм.
2. Гипотеза де Бройля. Статистическое толкование волн де Бройля.
3. Соотношение неопределенностей.
4. Волновые функции. Условие нормировки волновых функций.
5. Операторы в квантовой механике. Основные физические операторы.
6. Коммутатор операторов. Основные свойства коммутаторов.
7. Собственные функции и собственные значения операторов.
8. Эрмитовость операторов.
9. Зависящее от времени уравнение Шрёдингера.
10. Стационарное уравнение Шрёдингера. Стационарное состояние свободной частицы.
11. Оператор момента импульса. Оператор проекции момента импульса. Оператор квадрата момента импульса.
12. Оператор момента импульса в сферической системе координат. Оператор квадрата момента импульса в сферической системе координат

Вопросы для коллоквиума (6 семестр)

1. Спин и полный момент электрона.
2. Распределение электронов в атоме (электронная конфигурация)
3. Нахождение термов при заданной электронной конфигурации
4. Гиромагнитное отношение. Полный магнитный момент атома. Фактор Ланде.
5. Расщепление спектральных линий в магнитном поле. Простой эффект Зеемана. Сложный эффект Зеемана.
6. Стационарная теория возмущений. Невырожденный случай. Первый порядок теории возмущений.
7. Стационарная теория возмущений. Невырожденный случай. Второй порядок теории возмущений. Критерий применимости.
8. Стационарная теория возмущений. Вырожденный случай. Золотое правило Ферми. Критерии применимости.

Контрольная работа №1

Вариант 1

Задание 1

Запишите общее уравнение Шредингера (стационарное, нестационарное)
Запишите операторы основных физических величин: координаты, импульса, квадрата импульса, кинетической энергии, полной энергии.

Задание 2

Найти результат действия оператора $\frac{1}{4} \frac{d^2}{dx^2} x$ на функции $\sin 2x$, $\exp(2x)$.

Задание 3

Найти собственное значение оператора \hat{A} , принадлежащее собственной функции ψ , если

$$\hat{A} = \frac{1}{x} \frac{d^2}{dx^2} - x^3 \quad \psi = \exp(x^3/3)$$

Задание 4

Докажите

$$[\hat{a}; [\hat{b}; \hat{c}]] + [\hat{b}; [\hat{c}; \hat{a}]] + [\hat{c}; [\hat{a}; \hat{b}]] = 0$$

Задание 5

Найти среднюю кинетическую энергию частицы, в интервале $(0 < x < l)$, если частица находится в состоянии

$$\varphi(x) = A(l^2 - x^2)$$

Задание 6

Является ли эрмитовым оператор:

$$ix^2 p_x,$$

Контрольная работа №2

Вариант 1

Задание 1

Электрон находится в возбужденном состоянии ($n=4$) в бесконечно глубоком одномерном потенциальном ящике, ширина которого l . Найти вероятность нахождения электрона в третьей четверти ямы. Определить энергию электрона в данном состоянии.

Задание 2

Найти энергию гармонического осциллятора с частотой ω , находящегося в стационарном состоянии

$$\Psi(x) = Ax e^{-\frac{\alpha^2 x^2}{2}}$$

и вычислить нормировочный коэффициент A .

Контрольная работа №3

Вариант 1

1. а) Определите основной терм атома бария Ва (56).

б) Найти с помощью правил Хунда магнитный момент основного состояния атома, единственная незаполненная оболочка которого заполнена больше чем наполовину пятью электронами.

2. Стационарная теория возмущений. Учет вырождения.

Определить поправку первого порядка к энергии (с учетом вырождения) для частицы, которая находится в двумерной квадратной потенциальной яме с $x \in 0, a$, $y \in 0, a$. Волновая функция дважды вырождена.

$$\Psi_{np}(x, y) = \frac{2}{a} \sin\left(\frac{n\pi}{a}x\right) \sin\left(\frac{n\pi}{a}y\right)$$

Возмущение

$$V = \frac{V_0}{a} \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right)$$

действует в области

$$0 < x < a/2 \quad 0 < y < a/2$$

Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (зачет, 5-й семестр)

1. Волновые свойства микрочастиц. Корпускулярно-волновой дуализм.
2. Гипотеза де Бройля. Статистическое толкование волн де Бройля.
3. Соотношение неопределенностей.
4. Волновые функции. Условие нормировки волновых функций.
5. Операторы в квантовой механике. Основные физические операторы.
6. Коммутатор операторов. Основные свойства коммутаторов.
7. Собственные функции и собственные значения операторов.
8. Эрмитовость операторов.
9. Зависящее от времени уравнение Шрёдингера.
10. Стационарное уравнение Шрёдингера. Стационарное состояние свободной частицы.
11. Оператор момента импульса. Оператор проекции момента импульса. Оператор квадрата момента импульса.
12. Оператор момента импульса в сферической системе координат. Оператор квадрата момента импульса в сферической системе координат
13. Одномерная потенциальная яма бесконечной глубины.
14. Сферически-симметричная потенциальная яма.
15. Одномерная потенциальная яма конечной глубины.
16. Двумерная потенциальная яма с бесконечно-высокими стенками.
17. Трехмерная потенциальная яма с бесконечно-высокими стенками
18. Движение частицы в области потенциального порога. Коэффициенты отражения и прохождения частицы через порог.
19. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Прямоугольный барьер.
20. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Барьер произвольной формы.
21. Прохождения частицы через цепочку последовательно расположенных потенциальных барьеров.
22. Туннельный эффект.
23. Линейный гармонический осциллятор. Полное решение уравнения Шрёдингера для одномерного осциллятора. Волновые функции линейного осциллятора. Энергия осциллятора.
24. Операторный подход к задаче о квантовом осцилляторе. Ангармонический осциллятор.

Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен, 6-й семестр)

1. Волновые свойства микрочастиц. Корпускулярно-волновой дуализм.

2. Гипотеза де Бройля. Статистическое толкование волн де Бройля.
3. Соотношение неопределенностей.
4. Волновые функции. Условие нормировки волновых функций.
5. Операторы в квантовой механике. Основные физические операторы.
6. Зависящее от времени уравнение Шрёдингера.
7. Стационарное уравнение Шрёдингера. Стационарное состояние свободной частицы.
8. Оператор момента импульса. Оператор проекции момента импульса. Оператор квадрата момента импульса.
9. Одномерная потенциальная яма бесконечной глубины.
10. Двумерная потенциальная яма с бесконечно-высокими стенками.
11. Трехмерная потенциальная яма с бесконечно-высокими стенками
12. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Барьер произвольной формы.
13. Линейный гармонический осциллятор. Полное решение уравнения Шрёдингера для одномерного осциллятора. Волновые функции линейного осциллятора. Энергия осциллятора.
14. Спин и полный момент электрона.
15. Распределение электронов в атоме (электронная конфигурация)
16. Нахождение термов при заданной электронной конфигурации
17. Гиромагнитное отношение. Полный магнитный момент атома. Фактор Ланде.
18. Расщепление спектральных линий в магнитном поле. Простой эффект Зеемана. Сложный эффект Зеемана.
19. Стационарная теория возмущений. Невырожденный случай. Первый порядок теории возмущений.
20. Стационарная теория возмущений. Невырожденный случай. Второй порядок теории возмущений. Критерий применимости.
21. Стационарная теория возмущений. Вырожденный случай. Золотое правило Ферми. Критерии применимости.
22. Квазиклассическое приближение. Граничные условия в классической точке остановки. Нормировка состояний непрерывного спектра. Правило квантования Бора-Зоммерфельда.
23. Вариационный принцип. Вариационный метод Ритца.
24. Постановка задачи рассеяния. Основные понятия теории рассеяния. Формулировка задачи рассеяния в квантовой механике.
25. Понятие потенциального и многоканального рассеяния. Амплитуда рассеяния.
26. Ряд Борна. Борновское приближение в теории потенциального рассеяния.
27. Метод парциальных волн.
28. Общие формулы для рассеяния на структурной мишени. Понятие канала рассеяния.
29. Борновское приближение в многоканальном рассеянии.
30. Метод сильной связи каналов.

Критерии оценивания результатов обучения

<i>Оценка</i>	<i>Критерии оценивания по экзамену</i>
<i>Высокий уровень «5» (отлично)</i>	<i>оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.</i>
<i>Средний уровень «4»</i>	<i>оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический</i>

<i>(хорошо)</i>	<i>материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.</i>
<i>Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)</i>	<i>оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.</i>
<i>Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)</i>	<i>оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.</i>

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

5.1. Учебная литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. – М.: Физматлит, 2008. – 800 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: учеб. пособие: в 10 т. – Т. 3: Квантовая механика (нерелятивистская теория) / под ред. Л.П. Питаевского. – 6-е изд., испр. – М.: Физматлит, 2021. – 800 с.
3. Барановский, В.И. Квантовая механика и квантовая химия: учебное пособие / В. И. Барановский. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 428 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/206195> (дата обращения: 10.11.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-8114-3961-4.

4. Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 220 с.
5. Галицкий В.М., Карнаков Б.М., Коган В.И. Задачи по квантовой механике. учеб. пособие для вузов. – М.: Наука, 1992. – 880 с.
6. Давыдов А.С. Квантовая механика. – М.: Наука, 1973. – 703 с.
7. Сивухин Д.В. Общий курс физики. – Т. 5: Атомная физика. – М.: Физматлит, 2002. – 200 с.
8. Ермаков, А. И. Квантовая механика и квантовая химия : учебник и практикум для вузов: в 2 ч. Ч. 2 : Квантовая химия / А. И. Ермаков. - Москва : Юрайт, 2022. - 402 с. - URL: <https://urait.ru/bcode/491726> (дата обращения: 03.06.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-534-00128-0.
9. Ермаков, А. И. Квантовая механика и квантовая химия : учебник и практикум для вузов: в 2 ч. Ч. 1 : Квантовая механика / А. И. Ермаков. - Москва : Юрайт, 2022. - 183 с. - URL: <https://urait.ru/bcode/491725> (дата обращения: 03.06.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-534-00127-3.
10. Львовский, Александр. Отличная квантовая механика : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1 / Александр Львовский ; перевод с английского Н. Лисова ; редактор А. Ростоцкая. - Москва : Альпина нон-фикшн, 2019. - 420 с. : ил. - ISBN 978-5-91671-952-9.
11. Львовский, Александр. Отличная квантовая механика : решения [к учебному пособию] : в 2 ч. Ч. 2 / Александр Львовский ; перевод с английского Н. Лисова ; редактор А. Ростоцкая. - Москва : Альпина нон-фикшн, 2019. - 304 с. - ISBN 978-5-91671-952-9.

5.2. Периодическая литература

Не используется

5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

Профессиональные базы данных:

1. Scopus <http://www.scopus.com/>
2. ScienceDirect www.sciencedirect.com
3. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
4. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
5. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
6. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
7. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prilib.ru/>
8. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
9. Springer Journals <https://link.springer.com/>
10. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
11. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
12. Springer Materials <http://materials.springer.com/>

13. zbMath <https://zbmath.org/>
14. Nano Database <https://nano.nature.com/>
15. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>
16. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
17. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

Информационные справочные системы:

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

Ресурсы свободного доступа:

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
3. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
4. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
6. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
7. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
8. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
9. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
10. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
11. Образовательный портал "Учеба" <http://www.uceba.com/>;
12. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy_i_otvety

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:

1. Электронный каталог Научной библиотеки КубГУ <http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/Web>
2. Электронная библиотека трудов ученых КубГУ <http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=ToDb&idb=6>
3. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
4. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
5. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru;>
6. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

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

Организация процесса освоения дисциплине «Квантовая механика и основы квантовой теории поля» включает несколько отдельных блоков: проработка, анализ и повторение лекционного материала; чтение и реферирование литературы; выполнение письменной контрольной работы; подготовка к коллоквиуму; подготовка к зачету, подготовка к экзамену.

Проработка, анализ и повторение лекционного материала. Пройденный на лекциях материал требует обязательного самостоятельного осмысления студента. Для более эффективного освоения курса целесообразно анализировать лекционный материал следующим образом: повторно прочитав конспект лекции, необходимо пристальное внимание уделить ключевым понятиям темы, обратившись к справочной и рекомендованной учебной и специальной литературе.

Чтение и реферирование литературы. Изучение литературы к курсу (как основной, так и дополнительной) является важнейшим требованием и основным индикатором освоения содержания курса. Для студентов имеются Электронные учебники по дисциплине «Квантовая механика и основы квантовой теории поля», которые позволяют облегчить и сделать более плодотворным изучение данной дисциплины.

Выполнение письменной контрольной работы. Студент должен уметь применять полученные теоретические знания для решения практических заданий. Поэтому оценка степени подготовленности студентов проводится с помощью проверочных заданий. Решение задачи следует проводить в 3 этапа. Этап 1. Внимательно прочитать условие задачи. Выяснить, какие величины уже известны, какие нужно найти, значение каких величин можно отыскать в справочной литературе. Выполнить пояснительный рисунок, если в этом есть необходимость. Кратко записать условие задачи. Этап 2. Записать общие уравнения, связывающие физические величины, которые характеризуют рассмотренное в данной задаче явление. Конкретизировать эти уравнения для данной задачи. Этап 3. Решить уравнение относительно искомой величины. Проверить единицу искомой величины. Выполнить необходимые вычисления. Проанализировать результат.

Подготовка к коллоквиуму. Коллоквиум - вид учебного занятия, проводимого с целью проверки и оценивания знаний учащихся. Он проводится как массовый опрос. В ходе группового обсуждения студенты учатся высказывать свою точку зрения по определенному вопросу, защищать свое мнение, применяя знания, полученные на занятиях по предмету. А преподаватель в это время имеет возможность оценить уровень усвоения студентами материала. Для самостоятельной подготовки к коллоквиуму студенту необходима детальная проработка и повторение лекционного материала и использование дополнительной литературы.

Подготовка к зачету. Вопросы к зачету составлены таким образом, что затрагивают все основные разделы курса. Основными материалами для подготовки к зачету являются: конспекты лекций, учебная и справочная литература. Для сдачи зачета является обязательным выполнение всех лабораторных работ, предусмотренных в рамках дисциплины, а также устный ответ в рамках зачета. По окончании занятий студенты сдают зачет по дисциплине в устной форме. Ориентировочное время на подготовку 40 мин. Преподаватель опрашивает студента на предмет выявления знания основных положений дисциплины. Преподавателю предоставляется право задавать студентам дополнительные вопросы по всей учебной программе дисциплины. Результат сдачи зачета заносится преподавателем в экзаменационную ведомость и зачетную книжку.

Подготовка к экзамену. Вопросы к экзамену составлены таким образом, что затрагивают все основные разделы курса. Основными материалами для подготовки к экзамену являются: конспекты лекций, учебная и справочная литература. Студенты обязаны сдать экзамен в соответствии с расписанием и учебным планом. Экзамен является формой контроля усвоения студентом учебной программы по дисциплине «Квантовая механика и основы квантовой теории поля». Результат сдачи экзамена по прослушанному курсу должен оцениваться как итог деятельности студента в течение семестра, а именно - по посещаемости лекций, результатам работы на практических занятиях, выполнения контрольных работ. Для сдачи экзамена является обязательным выполнение всех контрольных работ, предусмотренных в рамках дисциплины, а также устный ответ в рамках экзамена. По окончании занятий студенты сдают экзамен по дисциплине в устной форме. В билете по два вопроса из списка вопросов для подготовки к

экзамену и одна задача. Ориентировочное время на подготовку 60 мин. Преподаватель опрашивает студента на предмет выявления знания основных положений дисциплины. Преподавателю предоставляется право задавать студентам дополнительные вопросы по всей учебной программе дисциплины. Результат сдачи экзамена заносится преподавателем в экзаменационную ведомость и зачетную книжку.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Microsoft Windows 8, 10; Microsoft Office Professional Plus.
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Microsoft Windows 8, 10; Microsoft Office Professional Plus.

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Microsoft Windows 8, 10; Microsoft Office Professional Plus.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд.208с)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к	Microsoft Windows 8, 10; Microsoft Office Professional Plus.

	информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	
--	--	--