



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая теория

Кафедра теоретической и математической физики, физического факультета

Образовательная программа

03.03.02 Физика

Профили подготовки

фундаментальная физика, медицинская физика

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Форма обучения

очная

Статус дисциплины: базовая

Махачкала 2017

Рабочая программа дисциплины составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» (уровень бакалавриат) от «7» августа 2014г. № 937.

Разработчик: Мусаев Гатиз Мусаевич, заведующий кафедры теоретической и математической физики, д.ф.-м.н., профессор

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры теоретической и математической физики от «29» марта 2017г., протокол № 7.

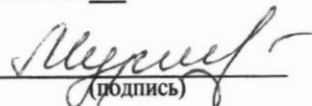
Зав. кафедрой


(подпись)

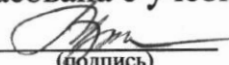
Мусаев Г.М.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «30» марта 2017г., протокол № 8.

Председатель


(подпись)

Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «3» апреля 2017г. 
(подпись) Гасангаджиева А.Г.

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация рабочей программы дисциплины	4
1. Цели освоения дисциплины	5
2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата	5
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).....	6
4. Объем, структура и содержание дисциплины.....	8
4.1. Объем дисциплины	8
4.2. Структура дисциплины.....	8
4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).....	10
5. Образовательные технологии	12
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.....	12
7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.....	16
7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.	16
7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.	18
7.3. Типовые контрольные задания.	24
7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	29
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.	30
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	30
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	31
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.	32
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	32

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Квантовая теория» входит в базовую часть образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 «Физика».

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой теоретической и математической физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением поведения микрочастиц и систем, состоящих из атомов и молекул. Кроме того, данная дисциплина предполагает изучение особого типа закономерностей, которым подчиняются поведение и свойства макроскопических тел.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

общекультурных – ОК-2;

общепрофессиональных – ОПК-3, ОПК-5, ОПК-7;

профессиональных – ПК-3, ПК-5.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельную работу.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме текущий контроль в форме опросов, контрольной работы и коллоквиума и промежуточный контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины 5 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцирован ный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Всего	из них						
Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
7	180	36	-	36	-	-	108	экзамен

1. Цели освоения дисциплины

Квантовая теория - это один из разделов общего курса теоретической физики, который является основным в общей системе современной подготовки физиков-профессионалов. Основной целью дисциплины является создание фундаментальной базы знаний, на основе которых можно в дальнейшем развивать более углубленное и целеустремленное изучение различных разделов физики в рамках теоретической физики – специализированных дисциплин.

Данная дисциплина должна сформировать у студентов единую, стройную, логически непротиворечивую физическую картину окружающего нас мира природы, а также микромира. Для этого необходимо построить модели наблюдаемых явлений со строгим обоснованием приближений и рамок, в которых эти модели действуют. В рамках единого квантового подхода необходимо рассматривать все основные явления и процессы, происходящие в микромире, установить связь между ними, вывести основные закономерности и получить их выражение в виде математических уравнений. Необходимо также научить студентов самостоятельно применять полученные теоретические знания для решения конкретных задач с последующим анализом и оценкой полученных результатов.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина входит в базовую часть образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 «Физика». Данная дисциплина является основополагающей вместе с такими дисциплинами как: математический анализ, аналитическая геометрия, дифференциальное и интегральное исчисление, уравнения математической физики, механика, электричество и магнетизм, оптика, теоретическая механика, высшая математика, статистическая физика, квантовая теория поля.

Для ее освоения необходимы знания таких дисциплин, как дифференциальные уравнения, теоретическая механика, электродинамика, методы математической физики.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОК-2	<p>способность анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • историю развития и современные проблемы теоретической физики и, в частности, квантовой механики, взаимосвязь с другими естественнонаучными дисциплинами; • становление квантовой механики как фундаментальной науки; • концепции и идеи, на которых основано многообразие законов и уравнений квантовой теории; • особенности применения квантовой теории в науке и образовании; • основные подходы к разработке тех или иных методов квантовой теории, применяемых в науке и образовании. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализировать основные этапы развития данной науки и роль квантовой теории в историческом развитии общества.
ОПК-1	<p>способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные методы исследования квантовомеханических объектов, принципы и предположения основных разделов естественных наук

	концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке).	(биологии, химии, экологии) достижения в фундаментальных областях науки. Уметь: <ul style="list-style-type: none"> • различать твердо установленные закономерности от имеющих доказательства предположений.
ОПК-3	способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.	Знать: <ul style="list-style-type: none"> • основные законы физики, в том числе физики атома и элементарных частиц; • основные уравнения нерелятивистской и релятивистской квантовой механики; • основные методы решения уравнений квантовой теории. Уметь: <ul style="list-style-type: none"> • применять основные методы решения уравнений квантовой механики; • применять полученные теоретические знания на семинарских занятиях.
ПК-1	способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.	Знать: <ul style="list-style-type: none"> • какие основные дисциплины необходимо проходить для успешного освоения программы бакалавриата по направлению «Физика». Уметь: <ul style="list-style-type: none"> • использовать знания квантовой механики для освоения профильных физических дисциплин.
ПК-4	способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные	Знать: <ul style="list-style-type: none"> • методы практического решения задач квантовой механики используя соответствующий

	при освоении профильных физических дисциплин.	математический аппарат. Уметь: • использовать различные методы практического решения конкретных задач, связанных с изучением микромира.
--	---	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) / Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Трудоемкость	Лекции	Практич. занятия	Самостоят. работа	
Модуль 1. Основные понятия квантовой теории.							
1.	Основные постулаты квантовой механики. Предмет квантовой теории.	7	8	2	-	6	опрос
2.	Понятие состояний в квантовой теории.		8	2	-	6	опрос
3.	Динамические переменные в квантовой механике. Операторы и их собственные функции и собственные значения		20	4	4	12	опрос
Итого по модулю 1			36	8	4	24	коллоквиум
Модуль 2. Основные методы квантовой теории.							
1.	Изменение состояний со временем. Уравнение Шредингера.	7	10	2	4	4	опрос
2.	Стационарные состояния		8	2	2	4	опрос

	Гамильтониан.						
3.	Чистые и смешанные состояния. Волновая функция. Матрица плотности		8	2	2	4	опрос
4.	Уравнения движения квантовой механики. Теоремы Эренфеста. Интегралы движения.		10	2	2	6	опрос
Итого по модулю 2			36	8	10	18	контрольная работа
Модуль 3. Некоторые приложения квантовой теории.							
1.	Квантовый гармонический осциллятор.		6	2	2	2	опрос
2.	Собственные значения и собственные функции осциллятора.		6	2	2	2	опрос
3.	Движение частицы в центрально-симметричном поле. Оператор момента импульса. Собственные функции и собственные значения.	7	6	2	2	2	опрос
4.	Атом водорода. Собственные функции и собственные значения.		6	2	2	2	опрос
5.	Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект.		6	2	2	2	опрос
6.	Уравнение Паули. Споровые функции.		6	2	2	2	опрос
Итого по модулю 3			36	12	12	12	контрольная работа
Модуль 4. Многоэлектронные системы. Основы релятивистской квантовой теории.							
1.	Атом гелия. Обменная энергия.		6	1	1	4	опрос
2.	Молекула водорода.		6	1	1	4	опрос
3.	Природа химических сил. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева.	7	6	1	1	4	опрос
4.	Уравнение Клейна-Гордона.		6	1	1	4	опрос

5.	Уравнение Дирака. Матрицы Дирака и их свойства.		6	2	2	2	опрос
6.	Сверхтонкая структура спектра.		6	2	2	2	опрос
Итого по модулю 4			36	8	8	20	
Модуль 5. Подготовка к экзамену		7	36				экзамен
ИТОГО			180	36	36	108	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

Модуль 1. Основные понятия и методы квантовой теории

Введение. Понятие состояний в квантовой теории. Динамические переменные в квантовой механике. Элементы теории представлений.

Модуль 2. Основные методы квантовой теории.

Изменение векторов состояния со временем. Чистые и смешанные состояния. Некоторые приложения квантовой теории. Приближенные методы квантовой теории. Оператор Гамильтона. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния. Уравнение непрерывности. Уравнения движения в квантовой механике. Интегралы движения.

Модуль 3. Некоторые приложения квантовой теории.

Гармонический осциллятор. Собственные значения и собственные функции осциллятора. Движение в центрально-симметричном поле. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Атом водорода. Собственные значения и собственные функции. Туннельный эффект. Элементы теории возмущений. Уравнение Паули. Спиновые функции.

Модуль 4. Основы релятивистской физики и многоэлектронные системы.

Уравнение Клейна-Гордона. Плотность заряда и тока, условие нормировки, частицы и античастицы. Уравнение Дирака. Матрицы Дирака. Решение уравнения Дирака для свободной частицы. Тонкая и сверхтонкая структура энергетического спектра. Нормальный и аномальный эффекты Зеемана. Бозе и Ферми частицы.

Атом гелия. Пара и орто – гелий. Обменная энергия. Периодическая система элементов. Молекула водорода. Вторичное квантование. Операторы рождения и уничтожения частиц. Природа химических сил. Уравнение Шредингера в представлении вторичного квантования.

Тождественные частицы. Обменные эффекты при рассеянии тождественных частиц. Теория многоэлектронных атомов. Упругое рассеяние частиц. Теория излучения.

Наименование тем и содержание практических занятий.

Модуль 1. Основные понятия квантовой теории		
Название темы	Содержание темы	Объем в часах
Динамические переменные в квантовой механике	Соответствие операторов динамическим переменным. Операторы координаты, импульса. Гамильтониан.	2
Операторы и их свойства	Собственные функции и собственные значения операторов квантовой механики. Свойства операторов. Коммутационные соотношения.	2
Модуль 2. Основные методы квантовой теории.		
Уравнение Шредингера.	Стационарное состояние.	2
	Волновая функция стационарного состояния и ее свойства.	2
	Уравнение Шредингера.	2
Уравнения движения.	Интегралы движения и их связь с симметрией системы. Теоремы Эренфеста.	2
Общая теория моментов.	Момент импульса в сферических координатах. Орбитальный, магнитный и спиновый моменты.	2
Модуль 3. Некоторые приложения квантовой теории.		
Гармонический осциллятор.	Собственные функции и собственные значения энергии.	4
Движения в центрально симметричном поле.	Оператор момента импульса.	2
	Собственные функции и собственные значения.	2
Туннельный эффект.	Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект.	2
Атом водорода.	Собственные функции и собственные значения оператора Гамильтона для атома водорода	2
Модуль 4. Многоэлектронные системы. Основы релятивистской квантовой теории.		
Многоэлектронные системы.	Атом гелия. Молекула водорода.	2
	Обменная энергия.	2
Уравнения релятивистской квантовой теории.	Уравнение Клейна-Гордона.	2
	Решение уравнения Дирака. Матрицы Дирака.	2

5. Образовательные технологии

В течение семестра студенты посещают лекции, решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару. В семестре проводятся контрольные работы (на семинарах). После решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ проводится аттестация.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

Для подготовки к занятиям также имеется электронный курс лекций, размещенный на сайте ДГУ, которые способствуют подготовке к сдаче экзамена.

В рамках учебного процесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов и академических институтов России.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов:

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- решение некоторых задач с применением компьютера.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Основные понятия и исходные положения квантовой теории.	Выяснение ограниченности классической теории и необходимости перехода к квантовым понятиям. Понимание корпускулярно-волнового дуализма. Волновая функция и ее вероятная интерпретация. Рассмотреть принцип причинности, а также перспективы развития квантовой теории.

<p>Понятие состояний в квантовой теории.</p>	<p>Здесь необходимо иметь четкое представление о векторах и совекторах состояний и о пространстве Гильберта. Понимать, для чего нужно использовать, условие нормировки различных термодинамических процессов. Принципы адиабатической и изотермической недостижимости.</p>
<p>Динамические параметры в квантовой теории.</p>	<p>Рассмотреть операторы наблюдаемых и как они действуют на вектора состояний, какими свойствами они обладают. Суметь находить собственные функции и собственные значения операторов, какие спектры собственных значений. Нахождение средних значений. Кроме того, необходимо уметь разлагать векторы состояния по системе собственных векторов наблюдаемых.</p>
<p>Элементы теории представлений.</p>	<p>Необходимо понять какие представления векторов состояний и операторов встречаются в квантовой механике, и уметь переходить от одного представления к другому. Кроме того, уметь использовать унитарное преобразование и разобраться в свойствах унитарного преобразования.</p>
<p>Изменение векторов состояний со временем.</p>	<p>Рассмотреть каким образом появилось уравнение Шредингера. Понять смысл оператора Гамильтона, как в случае свободной частицы, так и при наличии внешних возмущающих факторов. Разобраться, что значит стационарное состояние и почему волновая функция такого состояния зависит от времени. Различие квантовых и классических скобок Пуассона. Рассмотреть также представления Шредингера, Гейзенберга и взаимодействия. Их отличительные черты. Законы изменения и сохранения физических величин и связь интегралов движения с симметрией систем.</p>
<p>Чистые и смешанные состояния.</p>	<p>Понимание понятий чистого и смешанного состояний. Выяснение, почему смешанные состояния нельзя описывать волновой функцией и необходимости введения матрицы плотности. Кроме того, умение использовать матрицу плотности для вычисления физических величин.</p>

<p>Некоторые приложения квантовой теории.</p>	<p>Здесь необходимо рассмотреть задачу линейного гармонического осциллятора в координатном импульсном, энергетическом представлении и представлении чисел заполнения. Разобраться в появлении операторов рождения и уничтожения. Необходимо понять, как и почему возникают полиномы Эрмита. Рассмотреть оператор момента импульса и использовать его собственные функции и собственные значения при решении задачи движения частицы в поле центральных сил. Кроме того, здесь необходимо уметь использовать знания для решения задачи движения частицы в периодическом поле и рассмотреть зонную структуру энергетического спектра.</p>
<p>Теория моментов.</p>	<p>Рассмотреть все моменты и обратить внимание на спин электрона как пример системы с полуцелым моментом. Иметь четкое представление о собственных векторах и собственных значениях оператора спина электрона и матрицах Паули. Здесь же необходимо рассмотреть уравнение Паули и его отличительные черты. Необходимо также уметь складывать моменты векторно.</p>
<p>Приближенные методы квантовой теории.</p>	<p>Необходимо иметь представление о квазиклассическом приближении и методе БВК. Рассмотреть как пример туннельный эффект и с помощью теории возмущений показать различие в спектре при наличии и отсутствии вырождения. Обосновать эффект Штарка. Рассмотреть каким образом происходят квантовые переходы под действием нестационарного возмущения. Рассмотреть также примеры таких переходов.</p>
<p>Упругое рассеяние частиц.</p>	<p>Понять рассеяние в борновском приближении и условия его применения. Получить и обосновать формулу Резерфорда. Рассмотреть S и T-матрицы рассеяния и их смысл.</p>
<p>Теория излучения.</p>	<p>Здесь необходимо четко выяснить какие виды излучения встречаются, и чем они отличаются друг от друга. Кроме того, надо понять квантовую теорию дисперсии.</p>

Ограниченность нерелятивистской квантовой теории и необходимость учета релятивистских эффектов.	Вывести уравнение Клейна-Гордона и показать его применимость для описания частиц с нулевым спином. Рассмотреть также приложения уравнения Клейна - Гордона. Суметь получить выражения для плотности тока и заряда. Понять возникновение частиц и античастиц.
Уравнение Дирака	Рассмотреть, почему уравнение Дирака записывает в гамильтоновой и ковариантной формах и его применимость к описанию частиц со спином $\frac{1}{2}$. Получить уравнение непрерывности. Выяснить смысл ковариантности уравнения Дирака относительно пространственно-временных вращений и преобразований P, T и C. Разобраться в различных типах взаимодействия частиц.
Приближенное решение уравнения Дирака.	Рассмотреть собственный, угловой и полный моменты в теории Дирака. Обосновать возможность рождения электрон-позитронных пар электрическим полем. Выяснить смысл спин-орбитального, контактного и релятивистского эффектов, а также получение тонкой и сверхтонкой структуры спектра.
Тождественные частицы	Рассмотреть систему тождественных частиц, например, электронов и показать существование симметричных и антисимметричных состояний с использованием принципа Паули. В зависимости от состояния спина электронов различают пара- и орто-состояния. Рассмотреть, как обстоит дело с атомом гелия и молекулой водорода. Используя метод Хартри - Фока можно выяснить строение сложных атомов. Здесь же необходимо рассмотреть статистический метод Томаса-Ферми.
Вторичное квантование	Надо ясно представить смысл вторичного квантования. Рассмотреть в чем различие между вторичным квантованием в случае Бозе и Ферми частиц. Суметь представить оператор Гамильтона в представлении вторичного квантования, а также разобраться со вторичным квантованием электромагнитного поля и квантованием колебаний в твердом теле. Иметь ясное представление о фотонах и фононах.

Результаты самостоятельной работы учитываются при аттестации бакалавра (зачет, экзамен). При этом проводятся: тестирование, опрос на практических занятиях, заслушиваются доклады, проверка контрольных работ и т.д.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

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

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОК-2	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • историю развития и современные проблемы теоретической физики и, в частности, квантовой механики, взаимосвязь с другими естественнонаучными дисциплинами; • становление квантовой механики как фундаментальной науки; • концепции и идеи, на которых основано многообразие законов и уравнений квантовой теории; • особенности применения квантовой теории в науке и образовании; • основные подходы к разработке тех или иных методов квантовой теории, применяемых в науке и образовании. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализировать основные этапы развития данной науки и роль квантовой теории в историческом развитии общества. 	Устный опрос
ОПК-1	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные методы исследования 	Устный опрос

	<p>квантовомеханических объектов, принципы и предположения основных разделов естественных наук (биологии, химии, экологии) достижения в фундаментальных областях науки.</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • различать твердо установившиеся закономерности от имеющих доказательства предположений. 	
ОПК-3	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные законы физики, в том числе физики атома и элементарных частиц; • основные уравнения нерелятивистской и релятивистской квантовой механики; • основные методы решения уравнений квантовой теории. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • применять основные методы решения уравнений квантовой механики; • применять полученные теоретические знания на семинарских занятиях. 	Письменный опрос
ПК-1	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • какие основные дисциплины необходимо проходить для успешного освоения программы бакалавриата по направлению «Физика». <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать знания квантовой механики для освоения профильных физических дисциплин. 	Письменный опрос
ПК-4	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методы практического решения задач квантовой механики 	Письменный опрос, разноуровневые задачи и задания

	<p>используя соответствующий математический аппарат.</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> использовать различные методы практического решения конкретных задач, связанных с изучением микромира. 	
--	---	--

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

Критерии оценок на экзаменах

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры. Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

Критерии оценок следующие:

- **100 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.
- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.
- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.
- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.
- **60 баллов** - студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.
- **50 баллов** - в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.
- **40 баллов** - ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.
- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.
- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.

– **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-бальную систему:

«0 – 50» баллов – неудовлетворительно

«51 – 65» баллов – удовлетворительно

«66 - 85» баллов – хорошо

«86 - 100» баллов – отлично

«51 и выше» баллов – зачет

ОК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «способностью анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции»

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о проблематике своей будущей профессии.	Ознакомлен с квантовыми представлениями строения материи, необходимых для повышения своего профессионального уровня.	Имеет представление о связи прогресса современной техники и квантовой теории.	Демонстрирует успешное владение всеми методами квантовой теории.
Базовый	Понимание места мотивации к повышению уровня профессиональной деятельности.	Может участвовать в обсуждении квалификационных норм, способствующих развитию методов квантовой механики	Может анализировать и выявить парадоксы, имеющие место в теории.	Умеет корректно применять методы теоретической физики на практике.
Продвинутый	Способность решать особо сложные задачи применения математических методов теоретической физики.	Имеет представление о круге особо трудоемких и сложных задач квантовой механики.	Понимает природу тех или иных закономерностей как нерелятивистской, так и релятивистской квантовой теории.	Способен составить граничные условия при решении сложных задач с применением компьютерных технологий.

ОПК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о предмете и методах исследования, современных концепциях и ограничениях естественных наук.	Ознакомлен с предметами и основными методами исследования естественных наук.	Хорошо представляет современные концепции и достижения естественных наук.	Показывает умение применять на практике различные методы исследования из области квантовой механики.
Базовый	Представление о достижениях и ограничениях в биологии и химии, и дальнейшем развитии этих наук.	Может описать основные ограничения, имеющиеся в биологической науке.	Способен оценить возможности квантовой теории для преодоления некоторых трудностей при решении задач химии.	Показывает необходимые знания из области теоретической физики для решения отдельных вопросов других дисциплин.

ОПК-3

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач»

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о теоретических знаниях общей и теоретической физики, необходимых для решения профессиональных задач.	Ознакомлен с основными вопросами теоретической физики для решения профессиональных задач.	Показывает знания общей и теоретической физики в пределах программы бакалавриата.	Демонстрирует умение решать задачи используя методы из общей физики.
Базовый	Понимание важных теоретических знаний общей и теоретической физики для решения конкретных задач.	Ознакомлен с методами квантовой механического подхода к решению практических задач.	Показывает умение применять методы квантовой механического подхода к решению профессиональных задач.	Применяет методы теоретической физики и решает практические задачи.

ПК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований»

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о тех вопросах из физики, необходимых для освоения профильных дисциплин.	Ознакомлен с вопросами, необходимыми для успешного освоения профильных дисциплин.	Способен использовать знания общей физики для освоения программы бакалавриата.	Использует знания общей и теоретической физики для успешного освоения программы профильных дисциплин.
Базовый	Способность использовать знания, полученные при продолжении общих курсов теоретической физики для освоения программы бакалавриата.	Знаком с основными законами классической физики, необходимыми при изучении профильных дисциплин.	Способен использовать знания общей и теоретической физики для освоения программы бакалавриата по направлению «Физика».	Знает и использует основные законы и уравнения теоретической физики для успешного решения практических задач, необходимых для освоения программы бакалавриата.

ПК-4

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин»

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о методах восприятия информации человеком и стереотипах мышления.	Ознакомлен с понятиями и проблемами квантовой теории и методами решения типовых задач.	Показывает знание истории возникновения и развития основных понятий и представлений квантовой механики.	Демонстрирует четкие определения основных понятий и представлений, готовность к пониманию подходов к решению задач квантовой теории.
Базовый	Уметь соблюдать требования и нормы, предъявляемые к интеллектуальной деятельности человека, включая выбор пути решения задач квантовой механики.	Может участвовать в обсуждении причин задания требований и норм предъявляемых к деятельности человека.	Демонстрирует умение видеть границы и отклонения от требований и норм, предъявляемых к интеллектуальной деятельности человека.	Умеет привести решение задачи к соответствию требованиям, предъявляемым к интеллектуальной деятельности человека.
Продвинутый	Способен углубленно анализировать и критически оценивать постановки задачи квантовой механики и выбор средств и методов решения.	Способен понимать примеры практического применения различных методов решения некоторых задач квантовой механики.	Способен привести примеры и контр-примеры практического различных методов решения задач квантовой теории.	Способен обосновать выбор используемых методов и средств при решении различных задач квантовой механики.

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

7.3. Типовые контрольные задания.

7.3.1. Перечень вопросов к коллоквиумам.

Первый коллоквиум.

1. Ограниченность классической теории и необходимость перехода к квантовым представлениям. Волновая функция и принцип суперпозиции состояний.
2. Вероятностное истолкование волновой функции. Перспективы развития квантовой теории.
3. Векторы и совекторы состояний. Условие нормировки. Гильбертово пространство. Собственные функции и собственные значения операторов.
4. Спектр собственных значений и физическая интерпретация. Свойства собственных функций (векторов). Нормировка собственных векторов в случаях дискретного и непрерывного
5. Нахождение средних значений физических величин. Соотношение неопределенностей для некоммутирующих наблюдаемых.
6. Координатное, импульсное и матричное представления векторов состояний и операторов.
7. Унитарные преобразования и их свойства.
8. Оператор Гамильтона. Уравнение Шредингера. Стационарное состояние. Уравнение непрерывности.
9. Законы изменения и сохранения физических величин. Связь интегралов движения с симметрией системы.
10. Представления Гейзенберга, Шредингера и взаимодействия.
11. S-матричная формулировка квантовой теории. Вероятность перехода системы из начального в конечное состояние.
12. Понятие чистого и смешанного состояний. Матрица плотности.
13. Соотношение квантовой и классической теории. Теоремы Эренфеста.
14. Линейный гармонический осциллятор в координатном представлении.
15. Линейный гармонический осциллятор в импульсном и матричном представлениях.
16. Теория движения частиц в центрально-симметричном поле. Собственные значения и собственные функции оператора момента импульса.
17. Теория водородоподобного атома. Энергетический спектр и собственные значения атома.
18. Движение электрона в периодическом поле. Зонная структура энергетического спектра.
19. Собственные значения и собственные векторы моментов. Спин электрона.
20. Уравнение Паули, матрицы Паули и их свойства.

21. Векторное сложение моментов. Коэффициенты Клейна-Гордона.

Второй коллоквиум.

1. Квазиклассическое представление, метод БВК. Туннельный эффект.
2. Стационарная теория возмущений для задач с дискретным спектром.
3. Эффект Штарка. Теория возмущений при наличии вырождения.
4. Нестационарная теория возмущений.
5. Сечение упругого рассеяния в первом борновском приближении.
6. S и T матрицы рассеяния. Простейшие диаграммы Фейнмана.
7. Интенсивность вынужденного и спонтанного излучений в дипольном приближении.
8. Квантовая теория дисперсии.
9. Уравнение Клейна-Гордона и его применимость к описанию частиц с нулевым спином.
10. Плотность заряда и тока и нормировка уравнения Клейна-Гордона.
11. Уравнение Дирака в Гамильтоновской форме.
12. Уравнение Дирака в ковариантной форме.
13. Матрицы Дирака и их свойства. Уравнение непрерывности.
14. Ковариантность уравнения Дирака относительно пространственно-временных вращений.
15. Угловой, собственный и полный моменты в теории Дирака.
16. Решение уравнения Дирака для свободной частицы.

Третий коллоквиум.

1. Квазирелятивистское приближение уравнения Дирака во внешнем электромагнитном поле.
2. Тонкая и сверхтонкая структура энергетического спектра атомов.
3. Нормальный и аномальный эффекты Зеемана.
4. Основное уравнение для системы частиц. Тождественные частицы.
5. Симметричное и антисимметричное состояния и их волновые функции.
6. Принцип Паули и принцип неразличимости тождественных частиц в квантовой механике.
7. Обменные эффекты при рассеянии частиц с целым и полуцелым спином.
8. Теория двухэлектронных атомов.
9. Пара и орто-состояния и вклад обменных эффектов.
10. Многоэлектронные атомы и метод Хартри-Фока.
11. Строение сложных атомов. Система элементов Менделеева.
12. Статистический метод Томаса-Ферми.
13. Вторичное квантование и его смысл.
14. Вторичное квантование в случае бозонов и фермионов.

15. Оператор Гамильтона в представлении вторичного квантования.
16. Вторичное квантование свободного электромагнитного поля.
17. Понятие фотона и фонона.

7.3.2. Примерные контрольные тесты для текущего и итогового контроля подготовленности студентов по курсу.

1. Оператор импульса \vec{P} имеет вид:
 - 1) $-i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$, 2) $i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$, 3) $-i\hbar \nabla$, 3) $i\hbar \nabla$.
2. Оператор проекции момента импульса \hat{M}_z в декартовых координатах равен:
 - 1) $i\hbar(z \frac{\partial}{\partial y} - y \frac{\partial}{\partial z})$, 2) $i\hbar(y \frac{\partial}{\partial z} - z \frac{\partial}{\partial y})$, 3) $-i\hbar(z \frac{\partial}{\partial y} - y \frac{\partial}{\partial z})$,
 - 4) $i\hbar(y \frac{\partial}{\partial z} - z \frac{\partial}{\partial y})$, 5) $i\hbar(x \frac{\partial}{\partial y} - y \frac{\partial}{\partial x})$.
3. Оператор \hat{M}_x в сферических координатах записывается в виде:
 - 1) $i\hbar \frac{\partial}{\partial \varphi}$, 2) $i\hbar(\sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta} + \operatorname{ctg} \theta \cos \varphi \frac{\partial}{\partial \varphi})$, 3) $-i\hbar \frac{\partial}{\partial \varphi}$,
 - 4) $-i\hbar(\cos \varphi \frac{\partial}{\partial \varphi} - \operatorname{ctg} \theta \frac{\partial}{\partial \varphi})$, 5) $-i\hbar(\cos \varphi \frac{\partial}{\partial \theta} + \operatorname{ctg} \theta \sin \varphi \frac{\partial}{\partial \varphi})$.
4. Собственные значения оператора M_z равны:
 - 1) $\frac{\hbar}{2}$, 2) $-\hbar m$ (m - целое число), 3) $\hbar m$ (m - полуцелое число),
 - 4) $\hbar m$ (где $m=0, \pm 1, \pm 2, \dots$), 5) $-\hbar m$ (где $m=0, 1, 2, \dots, n$)
5. Гамильтониан для частицы в силовом поле имеет вид:
 - 1) $\frac{1}{2m} (\hat{P} - \frac{e}{c} \hat{A})^2 + eV + U$, 2) $\frac{1}{2m} (\hat{P} + \frac{e}{c} \hat{A})^2 + eV$,
 - 3) $\frac{1}{2m} (\hat{P} + \frac{e}{c} \hat{A})^2 + eV + U$, 4) $\frac{1}{2m} \hat{P}^2 + U$, 5) $\frac{1}{2} \nabla^2 + U + eV$.
6. Плотность тока вероятности \vec{j} в уравнении Шредингера записывается в виде:
 - 1) $\vec{j} = \frac{i\hbar}{2m} (\nabla \psi^* - \nabla \psi)$, 2) $\vec{j} = \operatorname{div}(\psi^* \nabla \psi - \psi \nabla \psi^*)$,
 - 3) $\vec{j} = \frac{i\hbar}{2m} (\psi \nabla \psi^* - \psi^* \nabla \psi)$, 4) $\vec{j} = \frac{1}{2m} \operatorname{div}(\psi \nabla \psi - \psi^* \nabla \psi)$.
7. Волновые функции плоского ротатора
 - 1) $\psi_m(\varphi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{im\varphi}$, 2) $\psi_m(\varphi) = -\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{im\varphi}$, 3) $\psi_m(\varphi) = \sqrt{2\pi} e^{-im\varphi}$,

$$4) \psi_m(\varphi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\pm im\varphi}, \quad 5) \psi_m(\varphi) = \frac{i}{\sqrt{2\pi}} e^{-im\varphi}.$$

8. Фотон γ -излучения, длина волны которого 0,1 мм, имеет массу (в кг).

$$1) 1,2 \cdot 10^{-28}, \quad 2) 2,8 \cdot 10^{-34}, \quad 3) 2,2 \cdot 10^{-32}, \quad 4) 1,8 \cdot 10^{-30}, \quad 5) 2,2 \cdot 10^{-34}.$$

9. В сферических координатах для одной частицы \hat{M}_y равен

$$1) \exp\left\{-i\varphi\left(\frac{\partial}{\partial\theta} + i\operatorname{ctg}\theta\frac{\partial}{\partial\varphi}\right)\right\}, \quad 2) i\left(\cos\varphi\frac{\partial}{\partial\theta} + \operatorname{ctg}\theta\sin\varphi\frac{\partial}{\partial\varphi}\right),$$

$$3) \exp\left\{i\varphi\left(\frac{\partial}{\partial\theta} + i\operatorname{ctg}\theta\frac{\partial}{\partial\varphi}\right)\right\}, \quad 4) -i\left(\cos\varphi\frac{\partial}{\partial\theta} + \operatorname{ctg}\theta\sin\varphi\frac{\partial}{\partial\varphi}\right).$$

10. Длина волны де Бройля λ для нерелятивистского электрона (может быть более одного ответа)

$$1) \frac{c}{\sqrt{2m_0E}}, \quad 2) \frac{\hbar}{\sqrt{2m_0E}}, \quad 3) \frac{\hbar c}{\sqrt{2m_0E}}, \quad 4) \frac{\hbar c}{\sqrt{2m_0c^2E}}, \quad 5) \frac{\hbar}{\sqrt{2m_0c}}.$$

11. Пространственное квантование орбитального момента импульса электрона \vec{M} состоит в:

- 1) непрерывном изменении в величине.
- 2) непрерывном изменении по направлению.
- 3) дискретном изменении по величине.
- 4) дискретном изменении ориентации \vec{M} в пространстве.
- 5) дискретном изменении \vec{M} как по величине, так и ориентации.

12. Максимальное число различных волновых функций в случае $n=4$ равно:

$$1) 20, \quad 2) 28, \quad 3) 36, \quad 4) 32, \quad 5) 38.$$

13. Стационарное уравнение Шредингера

$$1) \hat{H}\psi = i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t}, \quad 2) \hat{H}\psi = 0, \quad 3) \hat{H}\psi = E\psi, \quad 4) -i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t} = \hat{H}\psi.$$

14. Дискретные значения энергии, отвечающие движению в плоскости, перпендикулярной внешнему однородному магнитному полю, называется

1) уровнями Ферми, 2) уровнями Дирака, 3) квантово-механическими уровнями, 4) сверхтонкими уровнями, 5) уровнями Ландау.

15. Собственные значения оператора \hat{M}^2 равны:

$$1) \hbar\ell(\ell+1), \quad 2) \hbar^2(\ell+1), \quad 3) \hbar(\ell+1), \quad 4) \hbar^2\ell(\ell+1), \quad 5) -\hbar^2\ell(\ell+1).$$

16. Коммутатор оператора \hat{M}^2 с оператором Гамильтона свободной частицы равен:

$$1) \frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2, \quad 2) \frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + \frac{\hbar^2}{2m}, \quad 3) \frac{\hbar^2}{2m}(i\nabla^2), \quad 4) 0, \quad 5) -\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2.$$

17. Орбитальный момент количества движения $|M|$ электрона в атоме.

1) $\hbar\ell(\ell+1)$, 2) $\hbar\sqrt{\ell(\ell+1)}$, 3) $\hbar^2\ell(\ell+1)$, 4) $\hbar\sqrt{\ell(\ell+1)}$.

18. Оператор координаты в импульсном виде:

1) $\hat{x} = x$, 2) $\hat{x} = -i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$, 3) $\hat{x} = -i\hbar \frac{\partial}{\partial P_x}$, 4) $\hat{x} = i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$, 5) $\hat{x} = i\hbar \frac{\partial}{\partial P_x}$.

19. Матрица S называется унитарной, если:

1) $S \cdot S^{-1} = 1$, 2) $S \cdot S^* = 1$, 3) $S \cdot S^* = 1$, 4) $S \cdot S^* = S^+$, 5) $S \cdot S^+ = S$.

20. Максимальное число волновых функций при $n=4$ равно:

1) 20, 2) 36, 3) 38, 4) 32, 5) 16.

21. В сферических координатах $\hat{M}_+ = \hat{M}_x + i\hat{M}_y$ равны:

1) $i(\cos\varphi \frac{\partial}{\partial\theta} + \text{ctg}\theta \sin\varphi \frac{\partial}{\partial\varphi})$, 2) $\exp[i\varphi(\frac{\partial}{\partial\theta} + i\text{ctg}\theta \frac{\partial}{\partial\varphi})]$,
3) $i(\sin\varphi \frac{\partial}{\partial\theta} + \text{ctg}\theta \cos\varphi \frac{\partial}{\partial\varphi})$, 4) $\exp[-i\varphi(-\frac{\partial}{\partial\theta} + i\text{ctg}\theta \frac{\partial}{\partial\varphi})]$.

22. Коммутатор оператора \hat{M}^2 с гамильтонианом свободной нерелятивистской частицы

1) $-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla$, 2) $\frac{\hbar^2}{2m} \nabla$, 3) $-\frac{\hbar^2}{2m}$, 4) 0, 5) $-\frac{\hbar^3}{2m} \Delta$.

23. Коммутатор оператора $\hat{S} = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} \sigma & 0 \\ 0 & \sigma \end{pmatrix}$ с гамильтонианом свободной нерелятивистской частицы.

1) 0, 2) $-\frac{\hbar^2}{m} \hat{S}$, 3) $-\frac{\hbar^3}{2m} \hat{S}$, 4) $\frac{\hbar^3}{2m} \hat{S}$, 5) $\frac{\hbar^2}{2m} \hat{S}$.

24. Коммутатор оператора \hat{S}^2 с гамильтонианом свободной нерелятивистской частицы:

1) $\frac{\hbar^2}{2m}$, 2) 0, 3) $\frac{\hbar^2}{m}$, 4) $\frac{\hbar^2}{2m}$, 5) $-\frac{\hbar^3}{2m}$.

25. Максимальное число электронов, обладающих заданным главным квантовым числом n , равно:

1) n^2 , 2) $2(n+1)^2$, 3) $2n^2$, 4) $n(n-1)^2$, 5) $n(n+1)$.

26. Квант магнитного потока:

1) $\frac{\hbar c}{4e}$, 2) $\frac{2\hbar c}{e}$, 3) $\frac{\hbar c}{2e}$, 4) $\frac{\hbar c}{e}$, 5) $\frac{\hbar e}{c}$.

27. Дискретные значения энергии, отвечающие движению в плоскости, перпендикулярной внешнему однородному магнитному полю, называется:

1) уровнями Ферми, 2) уровнями Ландау, 3) сверхтонкими уровнями, 4), квантово-механическими уровнями, 5) тонкими уровнями.

28. Расщепление уровней энергии атоме во внешнем слабом электрическом поле есть эффект:

1) Пашена-Бака, 2) Рамзауэра, 3) Штарка, 4) Зеемана, 5) аномальный эффект Зеемана.

29. При разрыве спин-орбитальной связи в сильном магнитном поле наблюдается:

1) аномальный эффект Зеемана 2) Эффект Штарка, 3) Эффект Пашена- Бака, 4) нормальный эффект Зеемана.

30. Собственные функции оператора момента импульса:

1) сферические функции, 2) эллиптические функции, 3) полиномы Эрмита, 4) полиномы Лаггера, 5) полиномы Лагранжа.

31. Коммутатор \hat{M}_i с \vec{r}^2 равен:

1) $i\varepsilon_{ijk}P_k$, 2) $\delta_{ij}x_j$, 3) 0, 4) $i\varepsilon_{ijk}P_k x_k$, 5) 0

7.3.3. Тематика контрольных работ

1. Свойства операторов. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния.
2. Некоторые приложения квантовой теории. Гармонический осциллятор. Атом водорода. Молекула водорода. Атом гелия.
3. Релятивистское квантовое уравнение Дирака. Матрица Дирака. Решение уравнения Дирака для конкретных случаев.

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

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

Лекции

- посещение занятий – 10 баллов,
- активное участие на лекциях – 15 баллов,
- устный опрос, тестирование, коллоквиум – 60 баллов,
- и др. (доклады, рефераты) – 15 баллов.

Практические занятия

- посещение занятий – 10 баллов,
- активное участие на практических занятиях – 15 баллов,

- выполнение домашних работ – 15 баллов,
- выполнение самостоятельных работ – 20 баллов,
- выполнение контрольных работ – 40 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 60 баллов,
- письменная контрольная работа – 30 баллов,
- тестирование – 10 баллов.

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

а) основная литература:

1. Блохинцев Д.И. «Основы квантовой механики» М: Наука, 1983.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е. М. , Т.3: Квантовая механика: нерелятивистская теория, М.: Физматлит, 2004. - 800 с
3. Давыдов Л.Д. «Квантовая механика » М.: Наука, 1973.
4. Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковский В.Ч. «Квантовая механика» М.: Наука, 1979.
5. Галицкий В.М., Корнаков Б.М., Кочан В.И. «Задачи по квантовой механике» М., Наука, 1972
6. Гречко л.Г., Сугаков В.И., Томасевич О.Ф., Федорченко А.М «Сборник задач по теоретической физике», изд. «Высшая школа» 1984.

б) дополнительная литература:

1. Дирак П.А. «Принципы квантовой механики» М., Физмат, 1960.
2. Елютин П.В., Кравченко В.Д. «Квантовая механика с задачами»М.: Наука, 1976.
3. Фок В.А. «Начала квантовой механики» М.: Наука, 1976.
4. Абдурахманов А.А., Мусаев Г.М. «Методические указания по решению задач квантовой механики» Махачкала, 1988.

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

1. Международная база данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier <http://www.sciencedirect.com/>

3. Ресурсы Российской электронной библиотеки www.elibrary.ru, включая научные обзоры журнала Успехи физических наук www.ufn.ru
4. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>
5. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>
6. <http://physweb.ru/db/section/e190500000>
7. Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ <http://lib.mexmat.ru/>
8. Научно-образовательный центр при МИАН <http://www.mi.ras.ru/>
9. Книги по электродинамике <http://www.sciteclibrary.ru/cgi-bin/yabb2/YaBB.pl?num=1170686788>

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

Оптимальным путем освоения дисциплины является посещение всех лекций и семинаров, выполнение предлагаемых заданий в виде задач, тестов и устных вопросов.

На лекциях рекомендуется деятельность студента в форме активного слушания, т.е. предполагается возможность задавать вопросы на уточнение понимания темы и рекомендуется конспектирование лекции. На семинарских занятиях деятельность студента заключается в активном обсуждении задач, решенных другими студентами, решении задач самостоятельно, выполнении контрольных заданий. В случае, если студентом пропущено лекционное или семинарское занятие, он может освоить пропущенную тему самостоятельно с опорой на план занятия, рекомендуемую литературу и консультативные рекомендации преподавателя.

Перед проведением экзамена проводится коллективная аудиторная консультация, на которой даются советы по подготовке к экзамену. В целом рекомендуется регулярно посещать занятия и выполнять текущие задания, что обеспечит достаточный уровень готовности к сдаче экзамена.

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

- Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, табличный процессор.
- Программное обеспечение в компьютерный класс: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

Также по данной дисциплине подготовлен электронный курс лекций размещенный на сайте ДГУ.

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

Лекционные и практические занятия проводятся в аудиториях факультета.

Технические средства обучения, используемые в учебном процессе для освоения дисциплины:

1. компьютерное оборудование, которое используется в ходе изложения лекционного материала;
2. пакет плакатов и графиков, используемых в ходе текущей работы, а также для промежуточного и итогового контроля;
3. электронная библиотека курса и Интернет-ресурсы – для самостоятельной работы.