



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
(Физический факультет)  
**Кафедра Общей и теоретической физики**



«Утверждаю»

Директор по научной работе и  
инновациям

Н.А. Ашурбеков

2020 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**«Квантовая теория поля»**

основной образовательной программы подготовки аспиранта по  
направлению

**03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ**

Уровень образования: подготовка кадров высшей квалификации  
(аспирантура)

**Квалификация (степень) выпускника:**

**«Исследователь. Преподаватель-исследователь»**

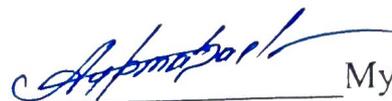
**Статус дисциплины: *вариативная***

**Махачкала 2020**

Рабочая программа по дисциплине «Квантовая теория поля» составлена в 2020 году на основании ФГОС ВО по направлению подготовки научно-педагогических кадров по направлению 03.06.01 Физика и астрономия, квалификация выпускника: «Исследователь. Преподаватель-исследователь» утвержденным приказом Минобрнауки РФ от 30.07.2014 г. № 867;

Составитель рабочей программы

Чл. корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор



Муртазаев А.К.

Рабочая программа утверждена на заседании ученого совета физического факультета протокол №6 от «28» февраля 2020 г.

Председатель ученого совета  
физ. фак-та



Курбанисмаилов В.С.

«28» февраля 2020г.

Согласовано:

начальник Управления  
аспирантуры и докторантуры  
«26» марта 2020г.



Э.Т. Рамазанова

Дисциплина «Квантовая теория поля» входит в вариативную часть образовательной программы аспирантуры по направлению 03.06.01 - «Физика и астрономия», профиль 01.04.02 «Теоретическая физика».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теорией полей и частиц и их взаимодействий и опирается на связи между релятивистскими частицами и квантовыми полями, возникающими при квантовании классических полей.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

- Профессиональных - ПК-1, ПК-3;
- Универсальных: УК-1; УК-3; УК-5;
- Общепрофессиональных - ОПК-1, ОПК-2;

### 1. Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям обучающегося в аспирантуре по направлению подготовки кадров высшей квалификации и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа разработана в соответствии с:

- Федеральным государственным образовательным стандартом <http://science.dgu.ru/eduprogram/03.06.01.pdf> от 30 июля 2014 года №867
- Образовательной программой 03.06.01 Физика и астрономия,
- Учебным планом университета по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, утвержденным в 2019г.

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

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме контрольных работ и коллоквиума, а также промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Сем естр	Учебные занятия							Форма промежуточно й аттестации (зачет, дифференциро ванный зачет, экзамен	
	в том числе								
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экзамен		
		Всего	из них						
		Лекции и	Лаборатор ные занятия	Практич еские занятия	КСР	консульт ации			
8	72	18	12	6	-	-	-	54	Зачет

## 1. Цели освоения дисциплины.

Изучать дисциплину «Квантовая теория поля» рекомендуется в соответствии с рабочей программой, составленной согласно требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и учебного плана по направлению 03.06.01 Физика и астрономия.

Основной целью дисциплины «Квантовая теория поля» является дать обучающемуся минимальный материал по основам современной квантовой теории поля.

### Задачи дисциплины:

Задачей дисциплины является создание фундаментальной базы знаний, которая необходимо для дальнейшей научно-исследовательской работы после окончания аспирантуры. Кроме того, необходимо формировать единую, стройную, логически непротиворечивую физическую картину окружающей нас мира, используя квантовые представления.

Необходимо также довести до сознания обучающихся, что квантованное волновое поле это фундаментальная физическая концепция, в рамках которой формулируется динамика частиц и их взаимодействия, и она позволяет описывать различные состояния системы частиц единым физическим объектом – квантованным полем.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

В результате освоения программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине (модулю):

Код компетенции	Результаты освоения ООП Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1	способностью выполнять математическое моделирование объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ	<b>ЗНАТЬ:</b> Основные требования о методах, используемых при изучении явлений и процессов, происходящих в микромире; Основные уравнения и методы их решения; Сущность квантовых полей. Основные языки программирования и программные продукты, используемые

		<p>при моделировании физических процессов;</p> <p><b>УМЕТЬ:</b>  Вычислять интегралы и расходимости;  Пользоваться матрицей рассеяния и ее разложением;  Описать реальные взаимодействия.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать программные продукты при разработке физических моделей объектов физики;</li> </ul> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Методами численного моделирования на языках программирования.</li> <li>• Приемами создания динамических моделей и презентаций с использованием программных продуктов.</li> </ul>
ПК-3	<p>Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы физического анализа и моделирования, теоретического и математического исследования</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Фундаментальный, структурный и ориентированный подходы и основные понятия квантовой теории поля;</li> <li>• Основные требования о методах, используемых при изучении явлений и процессов, происходящих в микромире;</li> <li>• Основные уравнения и методы их решения;</li> <li>• Сущность квантовых полей.</li> </ul> <p><b>УМЕТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Пользоваться представлением вторичного квантования;</li> <li>• Вычислять интегралы и расходимости;</li> <li>• Пользоваться матрицей рассеяния и ее разложением;</li> <li>• Описать реальные взаимодействия.</li> </ul> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b>  методами обработки полученных данных, визуализации результатов работы с применением современного программного обеспечения.</p>
ОПК-1	<p>способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Цели и задачи научных исследований по направлению</li> </ul>

	<p>в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.</p>	<p>деятельности, базовые принципы и методы их организации.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности.</li> </ul> <p><b>УМЕТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Представлять научные результаты по теме диссертации в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях.</li> <li>• Готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в выбранной сфере научной деятельности. Представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес сообществу.</li> </ul> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности.</li> <li>• Навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований. Навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов. Навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности.</li> </ul>
<p>ОПК-2</p>	<p>готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования.</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- требования к личности преподавателя высшей школы и критерии успешной педагогической деятельности;</li> <li>- основные исследовательские методы, применяемых в научной деятельности;</li> </ul> <p><b>УМЕТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития;</li> </ul> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками анализа собственного планирования профессионального и личностного развития - навыками</li> </ul>

		ценностно-этической самооценки и самоконтроля, самовоспитания и готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования.
УК-1	<p>способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Основные методы научно-исследовательской работы. Методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</li> </ul> <p><b>УМЕТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах, критически оценивать научную информацию. Анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать результаты реализации этих вариантов; При решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи.</li> </ul> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</li> <li>Навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</li> <li>Навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований.</li> <li>Навыками планирования научного исследования, анализа получаемых</li> </ul>

		результатов и формулировки выводов.
УК-3	готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.	<p><b>ЗНАТЬ:</b></p> <p>методы критического анализа и оценки современных научных достижений, методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях, методы научно-исследовательской деятельности.</p> <p><b>УМЕТЬ:</b></p> <p>анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.</p> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b></p> <p>навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера возникающих в науке на современном этапе ее развития, владеть технологиями планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований.</p>
УК-5	способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	<p><b>ЗНАТЬ:</b></p> <p>возможные сферы и направления профессиональной самореализации; приемы и технологии целеполагания и целереализации; пути достижения более высоких уровней профессионального и личного развития.</p> <p><b>УМЕТЬ:</b></p> <p>выявлять и формулировать проблемы собственного развития, исходя из этапов профессионального роста и требований рынка труда к</p>

		<p>специалисту; формулировать цели профессионального и личностного развития, оценивать свои возможности, реалистичность и адекватность намеченных способов и путей достижения планируемых целей. <b>ВЛАДЕТЬ:</b> приемами целеполагания, планирования, реализации необходимых видов деятельности, оценки и самооценки результатов деятельности по решению профессиональных задач; приемами выявления и осознания своих возможностей, личностных и профессионально-значимых качеств с целью их совершенствования.</p>
--	--	--

В результате изучения дисциплины обучающийся осваивает следующие компетенции:

Компетенция	Код по ФГОС	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
универсальные	<b>УК-1</b>	Способен к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.	Для формирования компетенции используются такие формы и методы обучения, как лекции, практические занятия, самостоятельная работа.
	<b>УК-3</b>	Подготовлен к участию в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.	Для формирования компетенции используются такие формы и методы обучения, как лекции, практические занятия, самостоятельная работа.
	<b>УК-5</b>	Способен планировать и решать задачи собственного	Для формирования компетенции

Компетенция	Код по ФГОС	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
		профессионального и личностного развития	используются такие формы и методы обучения, как лекции, практические занятия, самостоятельная работа.
общепрофессиональные	<b>ОПК-1</b>	Умеет самостоятельно осуществлять научные исследования в области фазовых переходов с применением современных методов исследования и информационно – коммуникационных технологий.	Для формирования компетенции используются такие формы и методы обучения, как лекции, практические занятия, самостоятельная работа.
	<b>ОПК-2</b>	Подготовлен к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования.	Для формирования компетенции используются такие формы и методы обучения, как лекции, практические занятия, самостоятельная работа.
профессиональные	<b>ПК-1</b>	Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ	Для формирования компетенции используются такие формы и методы обучения, как лекции, практические занятия, самостоятельная работа.
	<b>ПК-3</b>	Способен использовать основные законы квантовой теории в профессиональной деятельности, применять методы физического анализа и моделирования,	Для формирования компетенции используются такие формы и методы обучения, как лекции, практические занятия,

Компетенция	Код по ФГОС	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
		теоретического и математического исследования	самостоятельная работа.

### 3. Место дисциплины в структуре ОПОП аспирантуры.

Дисциплина «Квантовая теория поля» входит в вариативную часть образовательной программы аспирантуры по направлению 03.06.02 «Физика и астрономия», профиль 01.04.02 «Теоретическая физика».

Квантовая теория поля изучается после изучения практически всех курсов теоретической физики и для ее освоения необходимо иметь знания таких дисциплин, как теория относительности, квантовая механика, квантовая статистика, методы математической физики.

Данный курс посвящен изучению систем, состоящих из громадного числа частиц, и учитывает их взаимодействия. Дисциплина занимает одно из ведущих мест в системе знаний теоретической и математической физики.

Требования к первоначальному уровню подготовки обучающегося для успешного освоения дисциплины.

Уровень «знать»:

- Фундаментальный, структурный и ориентированный подходы и основные понятия квантовой теории поля;
- Основные требования о методах, используемых при изучении явлений и процессов, происходящих в микромире;
- Основные уравнения и методы их решения;
- Сущность квантовых полей.

Уровень «уметь»:

- Пользоваться представлением вторичного квантования;
- Вычислять интегралы и расходимости;
- Пользоваться матрицей рассеяния и ее разложением;
- Описать реальные взаимодействия.

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц - 72 академических часа.

#### 4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Всего часов по учебному плану	Неделя семестра				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
<b>Модуль 1. Классические поля и их квантование.</b>								
1	Частицы и поля. Представление группы Лоренца.	1	2				10	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
2	Свободные классические поля. Скалярные и векторные поля.	1	2		2		8	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
3	Квантование свободных полей. Поле Дирака и его квантование.	1	1				10	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
4	Квантование по Ферми-Дираку и Бозе-Эйнштейну.	1	1					Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
<b>Итого по модулю 1:</b>			<b>6</b>		<b>2</b>		<b>28</b>	

Модуль 2. Реальные поля и их взаимодействия.								
1	Взаимодействие частиц и полей и квантование систем с взаимодействием	1		2			6	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
2	Матрица рассеяния	1		2		2	8	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
3	Диаграммы Фейнмана	1		1			8	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест. Коллоквиум.
	Общая схема устранения расходимостей. Реальные взаимодействия и их описание.	1		1			4	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест. Коллоквиум.
	<b>Итого по модулю 2:</b>			<b>6</b>		<b>4</b>	<b>26</b>	
	<b>ИТОГО</b>			<b>12</b>		<b>6</b>	<b>54</b>	

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

##### Содержание лекционных занятий по дисциплине.

##### **Модуль 1. Классические поля и их квантование.**

Частицы и поля. Основные свойства частиц. Законы сохранения. Соответствие частица – поле. Представление группы Лоренца. Свободные классические поля. Динамические инварианты полей. Скалярное поле. Потенциал электромагнитного поля. Калибровочная инвариантность. СРТ- теорема.

##### **Модуль 2. Реальные поля и их взаимодействия.**

Взаимодействие полей. Поле Янга – Миллса. Квантование системы с взаимодействием. Матрица рассеяния. Хронологическое произведение. Общие свойства S- матрицы. Теоремы Вика. Диаграммы и правила Фейнмана. Функция Грина. Вычисление интегралов и расходимостей. Электромагнитное

взаимодействие. Слабые взаимодействия. Модель Вайнберга-Салама. Сильные взаимодействия. Уравнение Дирака.

### **Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.**

1. Калибровочная инвариантность и условие Лоренца. Диагональная калибровка.
2. Диаграммная техника для взаимодействия частиц.
3. S-матрица и ее основные свойства.

### **5. Оценочные средства для текущего контроля и аттестации обучающегося**

#### ***Тематика заданий текущего контроля***

#### ***Типовые контрольные задания или иные материалы***

Примерные темы рефератов по разделам дисциплины.

#### **Самостоятельная работа аспирантов заключается:**

- в проработке учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературы и подготовке докладов для семинаров);
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- решение некоторых задач с применением вычислительной техники.

<b>Разделы и темы для самостоятельного изучения</b>	<b>Виды и содержание самостоятельной работы</b>
Предмет квантовой теории поля. Частицы и поля. Квантование свободных полей.	Основные характеристики частиц. Соответствие частица-поле. Лагранжиан. Векторное поле и калибровочная инвариантность. Физический смысл квантования полей. Динамические инварианты полей.
Взаимодействие полей.	Лагранжианы взаимодействия полей. Смысл калибровочных взаимодействий. Неабелевы калибровочные поля. Рассмотреть модель тяжелого нуклона и ее особенности. Однуклонное решение и его свойства.

Матрица рассеяния и ее основные свойства.	Определение матрицы рассеяния. Необходимость применения теории возмущений при решении задач со взаимодействием. Релятивистская ковариантность и ее смысл. Теоремы Вика и их следствия. Хронологическое уравнение.
Диаграммы Фейнмана.	Необходимость введения диаграммной техники. Примеры диаграмм и их использования при решении задач квантовой теории поля. Связь диаграмм с S-матрицей.
Описание реальных взаимодействий.	Электромагнитное взаимодействие. Спинорная электродинамика и необходимость ее изучения. Взаимодействие Ферми. Модель Вайнберга-Салама слабые взаимодействия. Лагранжиан и квантование модели. Сильные взаимодействия и их особенности. Ограничения теории возмущений для сильных взаимодействий.

Результаты самостоятельной работы учитываются при аттестации аспиранта. При этом производятся: тестирование, опрос, заслушиваются доклады, проверка контрольных работ и т.д.

#### **Рекомендации к последовательности выполнения реферата.**

А) Изучение проблемы по материалам, доступным в Интернете:

1. Согласовать название сообщения.
2. Написать тезисы реферата по теме.
3. Выразить, чем интересна выбранная тема в наши дни.
4. Подготовить презентацию по выбранной теме.
5. Сделать сообщение на мини-конференции.

Б) Ознакомление с заданным дистанционным курсом:

1. Представить основные идеи заданного курса.
2. Описать достоинства и недостатки материала, изложенного в данном курсе.
3. Написать отзыв на данный курс.
4. Сформулировать рекомендации по применению данного курса.
5. Сделать сообщение о содержании курса на мини-конференции.

#### **Типовые контрольные задания.**

#### **Перечень примерных контрольных вопросов для самостоятельной работы.**

1. Динамические инварианты полей.
2. Скалярное и векторное поля.
3. Калибровочная инвариантность.

4. Уравнение и матрицы Дирака.
5. Различные представления состояний.
6. Каноническое квантование.
7. Схема релятивистского квантования полей.
8. Взаимодействие частиц и полей.
9. Матрица рассеяния.
10. Диаграммы Фейнмана.
11. Вычисление интегралов и расходимостей.
12. Функции Грина.
13. Различные типы взаимодействий.
14. Непрерывные группы и их свойства.

### *Перечень вопросов к зачету.*

1. Предмет квантовой теории поля.
2. Частицы и поля.
3. Законы сохранения.
4. Представление группы Лоренца.
5. Электромагнитное поле и его потенциал.
6. Сущность квантования полей.
7. Представления Шредингера, Гейзенберга и взаимодействия.
8. Каноническое квантование.
9. Квантование по Ферми-Дираку и Бозе-Эйнштейну.
10. Квантование поля Дирака.
11. Взаимодействие частиц. Лагранжиан взаимодействия.
12. Электромагнитное поле как калибровочное.
13. Поле Янга-Миллса.
14. Модель тяжелого нуклона.
15. S-матрица и ее свойства.
16. Хронологические произведения.
17. Релятивистская инвариантность и унитарность S-матрицы.
18. Теоремы Вика.
19. Функция Грина свободных полей.
20. Диаграммы Фейнмана.
21. Правила Фейнмана в импульсном представлении.
22. Однопетлевые диаграммы.
23. Общая структура расходимостей и их устранения.
24. Полные Функции Грина.
25. Пропогаторы полей.
26. Градиентная инвариантность.
27. Электромагнитные взаимодействия.

28. Модель Вайнберга-Салама.
29. Сильные взаимодействия.
30. Ограничение метода теории возмущений.
31. Группы Ли и их представления.

**Примерные контрольные тесты для текущего и итогового контроля подготовленности аспирантов по курсу.**

1. Оператор Д'аламбера  $\square$  имеет вид:

а)  $\Delta - \frac{\partial^2}{\partial t^2}$ ; б)  $\nabla - \frac{\partial}{\partial t}$ ; в)  $\Delta - \frac{\partial}{\partial t}$ ; г)  $\nabla - \frac{\partial^2}{\partial t^2}$

2. Для производных по ковариантным и контрвариантным компонентам используются сокращенные обозначения

3. а)  $\frac{\partial U}{\partial x_\nu} = \partial^\nu U = U^{i\nu}$ ; б)  $\frac{\partial U}{\partial x_\nu} = \partial U_\nu$ ; в)  $\frac{\partial U}{\partial x_\nu} = U_\nu^i$ ; г)  $\frac{\partial U}{\partial x^\nu} = \partial^\nu U$ .

4. Трехмерное преобразование Фурье имеет вид:

а)  $f(x) = \int \exp(ipx) \tilde{f}(p) dp$ ,  $\tilde{f}(p) = \int \exp(-ipx) f(x) dx$ ;

б)  $f(x) = \int \exp(px) \tilde{f}(p) dp$ ,  $\tilde{f}(p) = \int \exp(-px) f(x) dx$ ;

в)  $f(x) = \int \exp(-ipx) \tilde{f}(p) dp$ ,  $\tilde{f}(p) = \int \exp(ipx) f(p) dx$ ;

г)  $f(x) = \int \exp(-px) \tilde{f}(p) dp$ ,  $\tilde{f}(p) = \int \exp(px) f(x) dx$ .

5. Релятивистское соотношение между энергией и импульсом частицы записывается в виде:

а)  $E = c\sqrt{P^2 + c^2m^2}$ ; б)  $E = \sqrt{P^2 + c^2m^2}$ ;

в)  $E = mc^2 + P^2$ ; г)  $E = c\sqrt{P^2 + mc^2}$ .

6.  $\beta$ -распад для нейтрона может быть записан в виде:

а)  $n \rightarrow P + \bar{e} + \bar{\gamma}_e$ ; б)  $n \rightarrow P + \bar{e}_e$ ; в)  $n \rightarrow P + e + \gamma_e$ ; г)  $n \rightarrow P \rightarrow \bar{\gamma}_e$ .

7. Электрический заряд частиц сохраняется при взаимодействиях ...

а) сильных, электромагнитных и слабых;

б) только при электромагнитных;

в) только при слабых и электромагнитных;

г) только при слабых.

8. Барионное число сохраняется при ... взаимодействиях.

а) сильных, слабых и электромагнитных;

б) только при сильных;

- в) не только при слабых;  
 г) только при электромагнитных.
9. Полная группа Лоренца состоит из однородных линейных преобразований:
- а) четырех координат  $x^\nu$ , которые оставляют ковариантными квадратную форму  $x^2 = x_\nu x^\nu = (x^0)^2 - x^2$  и не меняют направление времени  $x^0$ ;
- б) четырех координат  $x^\nu$ , которые не оставляют инвариантным квадратную форму  $x^2 = x_\nu x^\nu$  и не меняют направление  $x^0$ ;
- в) четырех координат  $x^\nu$ , которые оставляют инвариантным квадратную форму  $x^2 = x_\nu x^\nu$  и меняют направление времени ;,
- г) четырех координат  $x^\nu$ , которые не оставляют инвариантным квадратную форму  $x^2 = x_\nu x^\nu = (x^0)^2 - x^2$  и меняют направление времени  $x^0$ .
10. Тензор нулевого ранга, не меняющий знака при инверсии  $Pu(x) = +u(x)$  называется:
- а) скаляром; б) псевдоскаляром; в) вектором; г) просто тензором.
11. Принцип наименьшего действия гласит, что
- а) действие  $A$  оказывается экстремальным, т.е. его вариация обращается в нуль;
- б) вариация действия  $A$  оказывается экстремальным и равным постоянной величине, отличной от нуля;
- в) действие  $A$  принимает максимально возможное значение;
- г) действие  $A$  принимает отрицательное значение.
12. Формулировка теоремы Нетер следующая:
- а) пусть имеем преобразование координат и функций поля, зависящего от  $S$  параметров  $\omega_k$  и обращающее в нуль вариацию действия  $A = \int L(x) dx$ , тогда существует  $S$  динамических инвариантов  $c_k$ , которые представляемы в виде интегралов  $c_k = \int d\bar{x} \theta_{(k)}^0(x)$  от нулевых компонент «4-векторов»  $\theta_{(k)}^0$ ;
- б) пусть имеем преобразование координат, зависящее от параметров  $\omega_k$ , где  $k = 1, 2, 3, 4$  и обращающее вариацию действия  $A$  к максимуму. Тогда существует четыре динамических инвариантов  $c_k$ , которые представляемы в виде интегралов  $c_k = \int d\bar{x} \theta_{(k)}^0(x)$ , где  $\theta_{(k)}^0$  «4-векторы»;

- в) если мы имеем преобразования координат и функций поля зависящих от 4-х параметров  $x_\nu \rightarrow x'_\nu = f_\nu(x; \omega)$ , то существует 4 динамические инварианты, которые представимы в виде интегралов  $c_k = \int d\bar{x} \theta_{(k)}^0(x) dx$ .
13. Калибровочное преобразование векторного потенциала  $A_\nu$  имеет вид (где  $f(x)$ - произвольная функция):
- а)  $A_\nu(x) \rightarrow A'_\nu(x) = A_\nu(x) + \partial_\nu f(x)$ ; б)  $A_\nu(\bar{x}) \rightarrow A'_\nu(\bar{x}) = A_\nu(\bar{x}) + f(x)$ ;  
 в)  $A_\nu(\bar{x}) \rightarrow A'_\nu(\bar{x}) = A_\nu(\bar{x}) + \partial_\nu f(x)$ ; г)  $A_\nu(x) \rightarrow A'_\nu(\bar{x}) = A_\nu(x) + \partial_\nu f(x)$ .
14. Функция Грина для уравнения Д'аламбера определяется соотношением:
- а)  $\square G(x) = -\delta(x)$ ; б)  $\square G(x) = \delta(x)$ ; в)  $G(x) = \delta(x)$ ; г)  $\square G(x) = i\delta(x)$ .
15. В современной физике поля Янга-Миллса находят широкое применение в
- ....
- а) моделях слабых и сильных полей;  
 б) моделях гравитационных и электромагнитных полей;  
 в) моделях электромагнитных и слабых полей;  
 г) моделях только сильных полей.
16. Типичным примером слабого взаимодействия является :
- а)  $\beta$ -распад нейтрона  $n \rightarrow P + \bar{e} + \bar{\nu}_e$ ;  
 б) кулоновское взаимодействие двух частиц;  
 в) гравитационное взаимодействие.

### ***Виды самостоятельной работы***

- Работа на лекциях.
- Поисковая работа в Internet.
- Написание рефератов
- Подготовка к кандидатскому экзамену

## **6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

### **6.1. Основная литература:**

1. Борчердс Р.Е. Квантовая теория поля [Электронный ресурс] / Р.Е. Борчердс. — Электрон. текстовые данные. — Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2006. — 96 с. — 978-5-93972-627-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16540.html> (12.10.2018)

2. Тюрин А.Н. Квантование, классическая и квантовая теории поля и тэта-функции [Электронный ресурс] / А.Н. Тюрин. — Электрон. текстовые данные. — Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2003. — 168 с. — 5-93972-284-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16539.html> (12.10.2018)
3. Мартынова И.А. Введение в теорию поля и ее приложения [Электронный ресурс] : монография / И.А. Мартынова, И.Г. Машин, В.Н. Фомченко. — Электрон. текстовые данные. — Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2014. — 108 с. — 978-5-9515-0262-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60840.html> (12.10.2018)
4. **Кушниренко, Анатолий Никанорович.** Введение в квантовую теорию поля : учеб. пособие для физ. спец. вузов / Кушниренко, Анатолий Никанорович. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1983. - 319 с. ; 20 см. - Библиогр.: с. 317 (25 названий). - 0-80. **Местонахождение: Научная библиотека ДГУ**
5. **Абрикосов Алексей Алексеевич и др.** Методы квантовой теории поля в статистической физике / Абрикосов Алексей Алексеевич и др. - М., 1962. - 443 с. - 1-35. **Местонахождение: Научная библиотека ДГУ**
6. Пескин М., Шрёдер Д. Введение в квантовую теорию поля. — Ижевск: РХД, 2001г.
7. Пескин М., Шрёдер Д. Введение в квантовую теорию поля. — Ижевск: РХД, 2001г.

## 6.2. Дополнительная литература:

1. Марчук Н.Г. Уравнения теории поля и алгебры Клиффорда [Электронный ресурс] / Н.Г. Марчук. — Электрон. текстовые данные. — Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2009. — 304 с. — 978-5-93972-761-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16648.html> (12.10.2018)
2. Высшая математика. Том 4. Дифференциальные уравнения. Ряды. Ряды Фурье и преобразование Фурье. Дифференциальное и интегральное исчисление функций нескольких переменных. Теория поля [Электронный ресурс] : учебник / А.П. Господариков [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский горный университет, 2015. — 213 с. — 978-5-94211-713-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71690.html> (12.10.2018)
3. Л. Райдер. Квантовая теория поля. Изд-во: Платон 1998 г.
4. Г.А. Сарданашвили. Современные методы теория поля. В 4-х томах.  
Том 1. Геометрия и классическая механика. М.: УРСС. 1996 г.  
Том 2. Геометрия и классические поля. М.: УРСС. 1998 г.

- Том 3. Алгебраическая квантовая теория. М.: УРСС. 1999 г.  
Том 4. Геометрия и квантовые поля. М.: УРСС. 2000 г.
- Берестецкий В. Б., Лифшиц Е. М., Питаевский Л. П.. Квантовая электродинамика. — («Теоретическая физика», Т. IV). — М.: Физматлит, 2002г.
  - Бонг-Бруевич В.Л., Тябликов С.В., Метод функций Грина в статистической механике, - М.: Физматчиз, 1961г.

### **6.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»,**

- ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>  
Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа.
- Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) договор № 55\_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг
- Доступ к электронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003.
- Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>.
- Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
- Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
- Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
- Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
- Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru>
- Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
- [www.iqlib.ru](http://www.iqlib.ru) - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия
- Springer.** <http://link.springer.com>.
- SCOPUS** <https://www.scopus.com>  
**Web of Science** - [webofknowledge.com](http://webofknowledge.com)

### **6.4. Программное обеспечение**

Для успешного освоения дисциплины, обучающийся использует следующие программные средства:

- 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.

#### **6.5. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www URL: <http://www.biblioclub.ru/>.
2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www URL: <http://e.lanbook.com/>.

#### **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

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.

При освоении дисциплины для проведения лекционных занятий нужны учебные аудитории, оснащённые мультимедийным оборудованием, для выполнения практических и лабораторных работ необходимы классы персональных компьютеров с набором базового программного обеспечения.

#### **8. Образовательные технологии**

При реализации различных видов учебной работы (лекции, самостоятельная работа) используются следующие образовательные технологии:

*Лекционная система обучения;*

Информационно-коммуникационные технологии;

Исследовательские методы в обучении;

*Проблемное обучение.*

Предусматривается использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Эффективность применения интерактивных форм обучения обеспечивается реализацией следующих условий:

5. создание диалогического пространства в организации учебного процесса аспиранта;
6. использование принципов социально-психологического обучения в учебной и научной деятельности;
7. формирование психологической готовности преподавателей к использованию интерактивных форм обучения, направленных на развитие внутренней активности аспирантов;

Использование интерактивных форм и методов обучения направлено на достижения важнейших образовательных целей:

8. развитие навыков анализа, критичности мышления, взаимодействия, научной коммуникации;

повышение уровня активности и самостоятельности научно-исследовательской работы аспирантов;

9. стимулирование мотивации и интереса в области углубленного изучения физики конденсированного состояния в общеобразовательном, общекультурном и профессиональном плане.

Тематика аудиторных лекционных занятий тесно связана с направлениями НИР университета, по которым ведется научная работа аспирантов.

Формы проведения индивидуальной и самостоятельной работы:

10. на установленном занятии даются информационные материалы по курсу, рекомендации по написанию рефератов и презентаций к ним;
11. предлагаемые темы рефератов согласовываются с научным руководителем аспиранта, с тем, чтобы увязать тему реферата с темой диссертации;
12. аспиранты посещают постоянно действующий семинар кафедры теоретической и общей физики, где слушают доклады и сами выступают с сообщениями по своим рефератам и разделам диссертации.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Института физики

(<http://www.dagphys.ru/> ) Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым аспиранты имеют свободный доступ.

В рамках практических занятий используется умение аспирантов производить расчеты с помощью средств вычислительной техники. Это позволяет существенно приблизить уровень статистической культуры обработки результатов измерений в практикуме к современным стандартам, принятым в науке и производственной деятельности. На этих занятиях аспиранты закрепляют навыки, опыт общения с ЭВМ и использования статистических методов обработки результатов наблюдений, что совершенно необходимо для работы в специальных учебных и производственных лабораториях

Для подготовки к практическим (семинарским) занятиям изданы учебно-методические пособия, которые в сочетании с внеаудиторной работой способствуют формированию и развития профессиональных навыков обучающихся.

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

**Компьютерная тестирующая система.** Разработана и внедрена в учебный процесс компьютерная тестирующая система, которая обеспечивает, с одной стороны, возможность самоконтроля для обучаемого, а с другой стороны используется для текущего или итогового контроля знаний аспирантов.

**Презентация.** Разработан электронный курс лекций по всем темам, с использованием электронных презентаций. Что улучшает восприятие материала, повышает мотивацию познавательной деятельности и способствует творческому характеру обучения.

**Учебно-исследовательская работа.** В процессе изучения дисциплины используется данная форма практической самостоятельной работы аспиранта, позволяющая аспирантам изучать научно-техническую информацию по заданной теме, моделировать процессы, проводить расчеты по разработанному алгоритму с применением ЭВМ и сертифицированного программного обеспечения, участвовать в экспериментах, анализировать и обрабатывать полученные результаты. Результаты исследований представляются на научно-практических конференциях.

Для усвоения дисциплины используются электронные базы учебно-методических ресурсов, электронные библиотеки.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, с использованием современных компьютерных средств обучения и демонстрации в учебном процессе составляет не менее 40% лекционных занятий.

