



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



«Утверждаю»
Проректор по научной работе и
инновациям
Н.А. Ашурбеков
2020 г.

Рабочая программа дисциплины

«Квантовая электродинамика»

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 электродинамика» 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

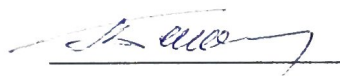
Чл. корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор



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

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Квантовая электродинамика» 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 изучением вопросов релятивистской квантовой теории, формированием навыков применения различных методов расчета при решении конкретных задач.

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 2018г.

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 3 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий 108ч

Семестр	Учебные занятия								Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе								
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том числе экзамен	
		Всего	из них						
Лекции			Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
	108	18	8	10	-	-	-	90	Зачет

1. Цели освоения дисциплины.

Изучать дисциплину «Квантовая электродинамика» 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 электродинамика» является изучение основных разделов курса, в которых изложены вопросы релятивистской квантовой теории, формирование навыков применения различных методов расчета при решении конкретных задач.

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 окружающего нас мира, используя квантовые представления.

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	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> Курсы теоретической физики, в особенности, квантовую механику и электродинамику. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> Применять полученные знания общетеоретических дисциплин при решении задач с применением релятивистских уравнений квантовой теории. <p>Владеть:</p> <p>Основными навыками решения задач дифференциальных уравнений и интегрального исчисления, математической физики, квантовой и статистической механики.</p>
ПК-3	Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы физического анализа и моделирования, теоретического и математического исследования	<p>ЗНАТЬ:</p> <ul style="list-style-type: none"> Фундаментальный, структурный и ориентированный подходы и основные понятия квантовой электродинамики; Основные требования о методах, используемых при изучении явлений и процессов, происходящих в микромире; Основные уравнения и методы их решения; <p>УМЕТЬ:</p> <ul style="list-style-type: none"> применять асимптотические формулы квантовой электродинамики <p>ВЛАДЕТЬ:</p> <p>методами обработки полученных данных, визуализации результатов работы с применением современного программного обеспечения.</p>
ОПК-1	способность самостоятельно	ЗНАТЬ:

	<p>осуществлять научно - исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации. • Современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности. <p>УМЕТЬ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Представлять научные результаты по теме диссертации в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях. • 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. <p>ВЛАДЕТЬ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности. • 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.
ОПК-2	<p>готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования.</p>	<p>ЗНАТЬ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - требования к личности преподавателя высшей школы и критерии успешной педагогической деятельности; - основные исследовательские методы, применяемых в научной деятельности; <p>УМЕТЬ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития; <p>ВЛАДЕТЬ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками анализа собственного

		<p>планирования профессионального и личностного развития - навыками ценностно-этической самооценки и самоконтроля, самовоспитания и готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования.</p>
<p>УК-1</p>	<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>ЗНАТЬ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>УМЕТЬ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>ВЛАДЕТЬ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. • Навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. • Навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований.

		<p>Навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов.</p>
УК-3	<p>готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.</p>	<p>ЗНАТЬ:</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>УМЕТЬ:</p> <p>анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.</p> <p>ВЛАДЕТЬ:</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	<p>способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития</p>	<p>ЗНАТЬ:</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>УМЕТЬ:</p> <p>выявлять и формулировать проблемы собственного развития, исходя из</p>

		<p>этапов профессионального роста и требований рынка труда к специалисту; формулировать цели профессионального и личностного развития, оценивать свои возможности, реалистичность и адекватность намеченных способов и путей достижения планируемых целей. ВЛАДЕТЬ: 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	УК-1	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.
	УК-3	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.

Компетенция	Код по ФГОС	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
	УК-5	Способен планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	Для формирования компетенции используются такие формы и методы обучения, как лекции, практические занятия, самостоятельная работа.
общепрофессиональные	ОПК-1	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.
	ОПК-2	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	ПК-1	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.
	ПК-3	Способен использовать основные законы квантовой электродинамики в профессиональной деятельности, применять	Для формирования компетенции используются такие формы и методы обучения, как

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

3. Место дисциплины в структуре ОПОП аспирантуры.

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

Для освоения дисциплины «Квантовая электродинамика» 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.

Аспиранты в процессе прохождения данного курса ознакамливаются с такими понятиями как: четырехмерные спиноры, инвариантная теория возмущений, операторы полей в представлении Гейзенберга, формфакторы адронов.

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.		
Модуль 1. Бозоны и фермионы								
1	Квантование свободного электромагнитного поля. Колебровочная инвариантность. Электромагнитное поле в квантовой теории	1	2				10	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
2	Момент импульса и четность фотона. Сферические волны фотонов. Поляризация фотонов	1	2		2		8	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
3	Спинорное представление уравнение Дирака. Симметричная форма уравнения Дирака. Алгебра матриц Дирака. Связь спина со	1			2		8	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест

	статистикой.								
4	Уравнение Дирака для частицы во внешнем поле. Тонкая структура уровней атома водорода.	1				2			Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
Итого по модулю 1:				4		6		26	
Модуль 2. Частицы во внешнем поле.									
1	Движение в центрально-симметричном поле. Движение в кулоновском поле ядра. Рассеяние в центрально-симметричном поле.	1		2				6	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
2	Движение спина во внешнем поле. Рассеяние нейтронов в электрическом поле.	1		2		2		8	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
3	Операторы полей и их представления. Фотонный пропатор. Электронный пропатор.	1				2		8	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест. Коллоквиум.
4	Уравнение Дайсона. Тождество Уорда. Электронный пропатор во внешнем поле.	1						6	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест. Коллоквиум.
Итого по модулю 2:				4		4		28	
Модуль 3 Самостоятельная работа									
								36	
ИТОГО				8		10		90	

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

Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1. Бозоны и фермионы.

Тема 1. Квантование свободного электромагнитного поля. Колебровочная инвариантность. Электромагнитное поле в квантовой теории

Тема 2. Момент импульса и четность фотона. Сферические волны фотонов. Поляризация фотонов.

Тема 3. Спинорное представление уравнение Дирака. Симметричная форма уравнения Дирака. Алгебра матриц Дирака. Связь спина со статистикой.

Тема 4. Уравнение Дирака для частицы во внешнем поле. Тонкая структура уровней атома водорода.

Модуль 2. Частица во внешнем поле.

Тема 5. Движение в центрально-симметричном поле. Движение в кулоновском поле ядра. Рассеяние в центрально-симметричном поле.

Тема 6. Движение спина во внешнем поле. Рассеяние нейтронов в электрическом поле.

Тема 7. Операторы полей и их представления. Фотонный пропатор. Электронный пропатор.

Тема 8. Уравнение Дайсона. Тождество Уорда. Электронный пропатор во внешнем поле.

Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.

1. Квантование свободного электромагнитного поля
2. Четырехмерные спиноры.
3. Уравнение Дирака в спинорном представлении.
4. Движение в центрально-симметричном поле.

5. Операторы полей и их представления
6. Уравнение Дайсона и Уорда.

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.

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. Квантование свободного поля.
2. Колебровочная инвариантность.
3. Четырехмерные спиноры и их свойства.
4. Уравнение Дирака в спинорном представлении, алгебра матрицы Дирака.
5. Плоские и сферические волны.
6. Волновые функции для частиц со спином, равным нулю.
7. Уравнение Дирака для частиц во внешнем поле.
8. Движение спина во внешнем поле.
9. Рассеяние частиц в центрально-симметричном поле.
10. Движение в кулоновском поле.
11. Тонкая структура уровней энергии.
12. Матрицы Дирака.
13. Инверсия спиноров.
14. Операторы полей в представлении Гейзенберга.
15. Уравнение Дайсона и Уорта.
16. Интегралы Феймана.
17. Электронный пропатор во внешнем поле.
18. Свойства фотонного пропатора.
19. Рассеяние электронов адронами.

Перечень вопросов к зачету.

1. Электромагнитное поле в квантовой теории.
2. Фермионы и бозоны и их особенности.
3. Спиральное состояние частицы.
4. Четырехмерные спиноры и их особенности.
5. Уравнение Дирака в спинорном представлении.
6. Поляризация матрица плотности.
7. Уравнение Дирака для частицы во внешнем поле.
8. Движение спина во внешнем поле.
9. Диаграммная техника.
10. Электронный пропатор.
11. Уравнение Дайсона и тождество Уорта.

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. Балашов В.В. Курс квантовой механики [Электронный ресурс] / В.В. Балашов, В.К. Долинов. — Электрон. текстовые данные. — Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2001. — 336 с. — 5-93972-077-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16546.html>(12.10.2018)
2. Толмачев В.В. Основы квантовой механики [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ Толмачев В.В., Федотов А.А., Федотова С.В.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2005.— 240 с.— Режим доступа: <http://www.bibliocomplectator.ru/book/id=16586>.— «БИБЛИОКОМПЛЕКТАТОР», <http://www.iprbookshop.ru/16546.html> (12.10.2018)
3. 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)
4. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Под ред. Л.П.Питаевского. Механика. — («Теоретическая физика», Т. I), М.: Физматлит, 4-е изд.,2007г.
5. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. Квантовая механика (нерелятивистская теория). — («Теоретическая физика», Т. III) М.: Физматлит, 2008.
6. Меркурьев С. П., Фаддеев Л. Д. Квантовая теория рассеяния для систем нескольких частиц. Из-во: М. Наука, 1998г.
7. Сунакова С. Квантовая теория рассеяния. М.: Мир, 1979 г.
8. Давыдов А.С. Квантовая механика. М.: Наука, 1973 г.
9. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. М.: Высш. шк., 1976г.

б) 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. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г.. Физика полупроводников. М.: Наука, 1977 г.
5. **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**
6. **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**
7. Ли Р.Н. Квантовая теория рассеяния и излучения. Уч. пособие. Новосибирск, НГУ, 2012г.
8. Тейлор Дж. Теория рассеяния. Квантовая теория нерелятивистских столкновений. М: Мир 1975г.
9. Воронцов А.А., Мировицкая С.Д. Специальные функции задач теории рассеяния. Справочник. 1991г.
10. Бирман М.Ш. Математическая теория рассеяния. Функция спектрального сдвига. Избранные труды. 2010г.

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

1. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>
Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа.
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг
3. Доступ к электронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003.

4. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>.
5. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
6. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
7. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
8. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
9. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru>
10. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
11. www.iqlib.ru - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия
12. Springer. <http://link.springer.com>.
13. SCOPUS <https://www.scopus.com>
Web of Science - 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.