

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая электродинамика

Кафедра теоретической и вычислительной физики
Физического факультета
Образовательная программа
03.04.02 «ФИЗИКА»

Профиль подготовки
Теоретическая и математическая физика

Уровень высшего образования – Магистр

Форма обучения – очная

Статус дисциплины: дисциплина по выбору

Махачкала 2022 год

Рабочая программа дисциплины «Квантовая электродинамика» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 – «Физика» (уровень магистратура) от «07» августа 2020г. № 914

Разработчик: кафедра теоретической и вычислительной физики,
Муртазаев Акай Курбанович, д.ф.-м.н., профессор

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры теоретической и вычислительной физики
23 марта 2022г., протокол №7.

Зав. кафедрой



Муртазаев А.К.

на заседании Методической комиссии физического факультета
от «25» марта 2022г., протокол №7

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована
с учебно - методическим управлением « 30» марта 2022г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Квантовая электродинамика» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы магистратуры по направлению 03.04.02 «Физика» (профиль – Теоретическая и математическая физика) и является дисциплиной по выбору.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой теоретической и вычислительной физики.

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:

- универсальных – УК-4;
- общепрофессиональных – ОПК-4;
- профессиональных – ПК-4, ПК-6.

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, коллоквиума и промежуточный контроль в форме зачет.

Объем дисциплины 3 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Сем е стр	Учебные занятия							Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированн ый 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		
2	108	48	24	-	24	-	-	84	Зачет

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Квантовая электродинамика» являются:

- изучение основных разделов курса, в которых изложены вопросы релятивистской квантовой теории.
- формирование навыков применения различных методов расчета при решении конкретных задач.
- рассмотрение и умение применять асимптотические формулы квантовой электродинамики.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина входит в вариативную часть по выбору образовательной программы магистратуры по направлению 03.04.02– «Физика» (профиль – Теоретическая и математическая физика) и является дисциплиной по выбору.

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

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

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	М-ИУК-4.1. Устанавливает контакты и организует общение в соответствии с потребностями совместной деятельности, используя современные коммуникационные технологии	Знает: существующие профессиональные сообщества для профессионального взаимодействия; Умеет: применять на практике коммуникативные технологии, методы и способы делового общения для академического и профессионального взаимодействия; Владеет: современными коммуникативными технологиями на русском и	Устный опрос, письменный опрос;

		иностранном языках	
	М-ИУК-4.2. Составляет в соответствии с нормами русского языка деловую документацию разных жанров (рефераты, эссе, обзоры, статьи и т.п.)	Знать: правила и закономерности личной и деловой устной и письменной коммуникации; Умеет: вести диалог, соблюдая нормы речевого этикета, используя различные стратегии; найти и проанализировать информацию, необходимую для качественного выполнения академических и профессиональных задач и достижения профессионально значимых целей, в т.ч. на иностранном языке; Владеет: методикой межличностного делового общения на прусском языке	
	М-ИУК-4.3. Создает различные академические или профессиональные тексты на иностранном языке	Знает: языковой материал (лексические единицы и грамматические структуры), необходимый и достаточный для создания академических и профессиональных текстов на иностранном языке; Умеет: понимать содержание научно-популярных и научных текстов, блогов/веб-сайтов; вести запись основных мыслей и фактов (из аудиотекстов и текстов для чтения), запись тезисов устного выступления/письменного доклада по изучаемой проблеме; Владеет: грамматическими категориями изучаемого (ых) иностранного (ых) языка (ов) для построения академических и профессиональных текстов.	

	М-ИУК-4.4. Представляет результаты академической и профессиональной деятельности на различных публичных мероприятиях, включая международные, выбирая наиболее подходящий формат	Умеет: в цифровой среде использовать различные цифровые средства, позволяющие во взаимодействии с другими людьми достигать поставленных целей; устанавливать и развивать академические и профессиональные контакты, в т.ч. в международной среде, в соответствии с целями, задачами и условиями совместной деятельности, включая обмен информацией и выработку единой стратегии взаимодействия; Владеет: методикой межличностного делового общения на русском и иностранном языках, с применением профессиональных языковых форм, средств и современных коммуникативных технологий	
ОПК-4. Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности.	ОПК-4.1. Определяет ожидаемые результаты научных исследований. ОПК -4.2. Предлагает возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности. ОПК-4.3. Знает области применения результатов научных исследований в своей профессиональной деятельности	Знает: теоретические и экспериментальные основы современных методов исследований изучаемых процессов и явлений. Умеет: самостоятельно ставить задачу и решать ее; использовать достижения современных информационно-коммуникационных технологий для выполнения экспериментальных и теоретических исследований; анализировать и интерпретировать результаты эксперимента на основе современных теоретических моделей; правильно организовать и планировать эксперимент;	Письменный опрос

		правильно применять различные теоретические модели для анализа результатов эксперимента. Владеет: основами современных методов экспериментальных исследований в данной области науки; основами теоретических разработок в своей области исследований; адекватными методами планирования и решения научно-исследовательских задач в выбранной области физики и смежных с физикой науках; - навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; - владеет логикой научного исследования, терминологическим аппаратом научного исследования в выбранной области физики и смежных с физикой науках; - современной аппаратурой и информационными технологиями для применения и внедрения результатов научной деятельности.	
ПК-4. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области физики и смежных с физикой науках	ПК-4.1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий исследований	Знает: теоретические и экспериментальные основы современных методов исследований изучаемых процессов и явлений. Умеет: самостоятельно ставить задачу и решать ее; использовать достижения современных информационно-коммуникационных технологий для выполнения экспериментальных и теоретических исследований; анализировать и интерпретировать	Письменный опрос
	ПК-4.2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и		

	временных ресурсов	результаты эксперимента на основе современных теоретических моделей; правильно организовать и планировать эксперимент; правильно применять различные теоретические модели для анализа результатов эксперимента. Владеет: основами современных методов экспериментальных исследований в данной области науки; основами теоретических разработок в своей области исследований; адекватными методами планирования и решения научно-исследовательских задач в выбранной области физики и смежных с физикой науках; - навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; - владеет логикой научного исследования, терминологическим аппаратом научного исследования в выбранной области физики и смежных с физикой науках; - современной аппаратурой и информационными технологиями для применения и внедрения результатов научной деятельности.	
	ПК-4.3. Анализирует и обобщает результаты научно-исследовательских работ с использованием современных достижений науки и техники.		
	ПК-4.4. Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий.		
ПК-6. Способен эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научных и прикладных физических исследований в области физики	ПК-6.1. Имеет представления о методиках технологиях физических исследований с помощью современного оборудования.	Знает: методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики твердого тела; физические основы проведения исследований методами теоретической и математической физики; Умеет: пользоваться современной приборной базой для проведения	Письменный опрос
	ПК-6.2. Знает теорию и		

твёрдого тела	методы физических исследований в теоретической и математической физике	экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики твёрдого тела; анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники. Владеет: методикой и	
	ПК-6.3. Знает теорию и методы физических исследований в области физики твёрдого тела.	теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики твёрдого тела; некоторыми	
	ПК-6.4. Способен собирать, обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов и исследований в соответствующей области знаний, проводить эксперименты и наблюдения, составлять отчеты по теме или по результатам проведенных экспериментов	диагностические методы исследования теоретической и математической физики; методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики твёрдого тела навыками исследования физических процессов, протекающих в сложных физических системах.	

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоят. работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторны	Контроль самостоятел. раб.		
Модуль 1. Бозоны и фермионы									
1.	Квантование свободного электромагнитного поля. Колебровочная инвариантность. Электромагнитное поле в квантовой теории	2		4	4			2	опрос
2	Момент импульса и четность фотона. Сферические волны фотонов. Поляризация фотонов	2		4	14			2	опрос
3	Спинорное представление уравнения Дирака. Симметричная форма уравнения Дирака. Алгебра матриц Дирака. Связь спина со статистикой.	2		2	2			4	опрос

4.	Уравнение Дирака для частицы во внешнем поле. Тонкая структура уровней атома водорода.	2		2	2			4	опрос
<i>Итого по модулю 1</i>				12	12			12	коллоквиум
Модуль 2. Частицы во внешнем поле.									
5	Движение в центрально-симметричном поле. Движение в кулоновском поле ядра. Рассеяние в центрально-симметричном поле.	2		4	2			2	опрос
6	Движение спина во внешнем поле. Рассеяние нейтронов в электрическом поле.	2		4	2			2	опрос
7.	Операторы полей и их представления. Фотонный пропатор. Электронный пропатор.	2		2	2			4	опрос
8	Уравнение Дайсона. Тождество Уорда. Электронный пропатор во внешнем поле.	2		2	2			4	
<i>Итого по модулю 2</i>				12	12			12	
<i>Модуль 3.</i>								48	зачет
ИТОГО				24	24			84	

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

4.3.1. 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.

4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.

Модуль 1. Бозоны и фермионы.	
Название темы	Содержание темы
Квантование свободного электромагнитного поля	Колебровочная инвариантность. Электромагнитное поле в квантовой теории.
Момент импульса и четность фотона.	Написать матрицу плотности фотона с циркулярными осями координат.
Четырехмерные спиноры.	Спиноры и их представление. Показать соответствие между спинорами четного ранга и 4-тензорами.

Уравнение Дирака в спинорном представлении.	Симметричная форма уравнения Дирака. Алгебра матриц Дирака. Найти лагранжиан спинового поля.
Модуль 2. Частица во внешнем поле.	
Тонкая структура уровней атома	Определить изменение направления поляризации частицы при движении в плоскости
водорода. Частица в поле	перпендикулярной магнитному полю.
Движение в центрально-симметричном поле.	Рассмотреть в качестве примера движение частицы в поле ядра и определить расстояние в таком поле.
Движение спина во внешнем поле	Определить направление поляризации частицы при движении вдоль направления магнитного и электрического полей.
Операторы полей и их представления.	Рассмотреть фотонный и электронный пропагаторы. Разобраться с инвариантной теорией возмущений и общими правилами диаграммной техники. Рассмотреть электронный пропагатор во внешнем электронном поле и аналитические свойства фотонного пропагатора

5. Образовательные технологии

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

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.

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;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- выполнение курсовых работ (проектов);
- работа с вопросами для самопроверки.

Виды и содержание 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.

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

Студентам представляется раздаточный материал: методическое пособие и литература.

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

7.1. Типовые контрольные задания

7.1.1. Перечень примерных контрольных вопросов и заданий 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 Уорда.
16. Интегралы Феймана.
17. Электронный пропагатор во внешнем поле.
18. Свойства фотонного пропагатора.
19. Рассеяние электронов адронами.

7.1.2. 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. Поляризационная матрица плотности.
7. Уравнение Дирака для частицы во внешнем поле.
8. Движение спина во внешнем поле.
9. Диаграммная техника.
10. Электронный пропагатор.
11. Уравнение Дайсона и тождество Уорда.

7.2. 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:

Лабораторные занятия

- посещение занятий и наличие конспекта – 15 баллов,
- получение допуска к выполнению работы – 20 баллов,
- выполнение работы и отчета к ней – 25 баллов,
- защита лабораторной работы – 40 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

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

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

а) 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.

дополнительная литература:

1. Ли Р.Н. Квантовая теория рассеяния и излучения. Уч. пособие. Новосибирск, НГУ, 2012г.
2. Бирман М.Ш. Математическая теория рассеяния. Функция спектрального сдвига. Избранные труды. 2010г.

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

1. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>
Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке(доступ будет продлен)
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг.(доступ продлен до сентября 2019 года).
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. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение)
4. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017г. Договор действует в течении 1 года с момента его подписания.
5. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
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> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
10. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
11. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
12. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.
13. **Springer.** Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ предоставлен на неограниченный срок

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.

В целом рекомендуется регулярно посещать занятия и выполнять текущие задания, что обеспечит достаточный уровень готовности к сдаче зачета.

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

1. Ресурсы Российской электронной библиотеки www.elibrary.ru;
2. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/http://physweb.ru/db/section/e190500000>;
3. Информационные материалы, компьютерное оборудование, имеющиеся на кафедре теоретической и математической физики 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.