

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая информация

Кафедра теоретической и вычислительной физики,
физического факультета

Образовательная программа

03.03.02 Физика

Профиль подготовки

Фундаментальная физика

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Форма обучения

очная

Статус дисциплины: часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Махачкала 2022

Рабочая программа дисциплины «Квантовая информация» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 - «Физика» от «7» августа 2020г. № 891.

Разработчик: кафедра теоретической и вычислительной физики,

Аливердиев Абутраб Александрович, д.ф.-м.н., профессор,

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры теоретической и вычислительной физики 21 марта 2022г., протокол №7.

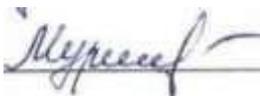
Зав. кафедрой



Муртазаев А.К.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «23» марта 2022г., протокол №7

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно- методическим управлением « 31» марта 2022г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Квантовая информация» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 – «Физика» (профиль – Фундаментальная физика).

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой теоретической и вычислительной физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением квантовых вычислений, квантовых алгоритмов, квантовых компьютеров, квантовой телепортации, квантовой криптографии.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: ОПК-1, ПК-10

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

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

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

Семестр	Учебные занятия							Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	
	в том числе								
	Всего	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том числе экзамен
			из них						
Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации					
6	72	40	28	-	14	-	-	30	зачет

1. Цели освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Квантовая информация» состоит в том, чтобы дать углубленное представление о квантовой теории информации — относительно новом разделе науки, возникшем на стыке квантовой механики и теории информации и включающем в себя вопросы квантовых вычислений,

квантовых алгоритмов, квантовых компьютеров, квантовой телепортации, квантовой криптографии и др. на базе уже имеющегося у студентов опыта.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина входит в часть, формируемая участниками образовательных отношений образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 – «Физика» (профиль – Фундаментальная физика).

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные со способностью использовать теоретические знания в области квантовой теории информации для решения конкретных задач, так или иначе связанных с возможностью применения квантовых вычислений и изучению квантово-механических объектов.

Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: математический анализ, линейная алгебра, информатика, квантовая механика (теория).

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

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ОПОП)	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
--	--	---------------------------------	--------------------

ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Выявляет и анализирует проблемы, возникающие в ходе профессиональной деятельности, основываясь на современной научной картине мира	<p>Знает: физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности - тенденции и перспективы развития современной физики, а также смежных областей науки и техники.</p> <p>Умеет: выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научно-техническую литературу с учетом зарубежного опыта.</p> <p>Владеет: навыками находить и критически анализировать информацию, выявлять естественнонаучную сущность проблем.</p>	Письменный опрос
	ОПК-1.2. Реализует и совершенствует новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.	<p>Знает: основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики;</p> <p>- новые методологические подходы к решению задач в области профессиональной деятельности.</p> <p>Умеет: реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.</p> <p>Владеет: навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.</p>	
	ОПК-1.3. Проводит качественный и количественный анализ выбранного методов решения	<p>Знает: основы качественного и количественного анализа методов решения выявленной проблемы.</p>	

	<p>выявленной проблемы, при необходимости вносит необходимые коррективы.</p>	<p>Умеет: выбирать метод решения выявленной проблемы, проводить его качественный и количественный анализ, при необходимости вносить необходимые коррективы для достижения оптимального результата.</p> <p>Владеет: - навыками проводить качественный и количественный анализ методов решения выявленной проблемы, оценивать эффективность выбранного метода.</p>	
<p>ПК-10 Владеет методами теоретической физики в применении к профессиональным задачам.</p>	<p>ПК-10.1. Владеет специальными знаниями в области квантовой теории.</p>	<p>Знает: основные физические явления и основные принципы квантовой теории, границы их применения и применение принципов в важнейших практических приложениях; основные физические величины и константы теоретической физики, их определения, смысл, способы и единицы измерения; фундаментальные физические эксперименты в области исследования частиц и волн, и их роль в развитии науки. Умеет: объяснить основные наблюдаемые природные и техногенные явления, эффекты и точки зрения фундаментальных физических взаимодействий; указать какие законы описывают то или иное явление (эффект); интерпретировать смысл физических величин и понятий; использовать методы адекватного физического и математического моделирования и методы теоретического анализа к решению конкретных проблем. Владеет: навыками использования</p>	

		<p>основных физических законов и принципов в практических приложениях; навыками применения основных методов теоретического анализа для решения естественнонаучных задач; анализом полученных экспериментальных результатов в исследовании процессов, происходящих в микромире, адекватное соответствие результатов той или иной теоретической модели.</p>	
	<p>ПК-10.2. Владеет специальными знаниями в области теоретической механики и электродинамики</p>	<p>Знает: основные законы динамики материальной точки и системы материальных точек; основные законы движения материальной точки относительно неинерциальных систем отсчета; колебания систем со многими степенями свободы и их основные характеристики; законы и принципы аналитической механики, электродинамики; движение материальной точки при больших скоростях; основные уравнения гидродинамики и электродинамики. Умеет: объяснить физические наблюдаемые природные и другие явления с помощью законов и методов теоретической механики и электродинамики; определить какие законы описывают данное явление или эффект; использовать методы абстракции, физического и математического моделирования для решения конкретных задач в области теоретической механики и электродинамики.</p>	

		<p>Владеет: основными физическими законами и принципами использования теоретической механики и электродинамики в практических приложениях; методами использования основных методов теоретического анализа для решения естественно-научных задач; анализом полученных экспериментальных результатов в исследовании процессов, происходящих в микромире, адекватное соответствие результатов той или иной теоретической модели.</p>	
	<p>ПК-10.3. Применяет методы математической физики для постановки и решения задач в профессиональной деятельности</p>	<p>Знает: теоретические основы, основные понятия, законы и модели линейных и нелинейных уравнений математической физики. Умеет: понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями и моделями линейных и нелинейных уравнений математической физики. Владеет: методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации</p>	
	<p>ПК-10.4. Способен использовать основные методы теоретической физики.</p>	<p>Знает: основные этапы развития и возникновения теоретической физики, об ученых, внесших основной вклад в развитии теоретической физики; основные законы и методы теоретической физики; возможности применения этих законов и методов для освоения, изучения дисциплин, как</p>	

		<p>квантовая механика, термодинамика, статфизика и т.д.; основные стандарты, формы, правила составления научной документации и их отдельные особенности. Умеет: критически оценивать следствия тех или иных решений, открытий в теоретической физике, на дальнейший ход развития науки в целом; применять знания, полученные при изучении теоретической физики, для решения конкретных физических задач; 39 39 разработать вариант решения различных задач смежных дисциплин на основе законов теоретической физики; написать статьи, доклады для выступления на различных форумах, заседаниях, семинарах. Владеет: возможностью применять методы теоретической физики, ход и историю развития теоретической физики для формирования общих взглядов на характер науки, научных исследований; типовыми методологиями, приемами, технологиями, применяемыми при написании, составлении обзоров проведенных научных исследований; существующими методами, законами теоретической физики, которые можно применить для решения задач в различных областях человеческой деятельности.</p>	
--	--	---	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы - 72 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	Лабораторные занятия	Контроль самостоятел. работ		
Модуль 1. Основы квантовой теории информации.									
1.	Общие принципы квантовых вычислений. Квантовые схемы. Схема копирования кубита. ЭПР-пары. Квантовая телепортация.	6		7	4			7	опрос
2.	Квантовые алгоритмы. Квантовый параллелизм. Алгоритм Дойча. Алгоритм Дойча-Йожа.			7	3			8	опрос
Итого по модулю 1				14	7			15	коллоквиум
Модуль 2. Экспериментальная обработка квантовой информации.									
1.	Связь с квантовой механикой и линейной алгеброй. Эксперимент Штерна-Герлаха.	6		7	3			7	опрос
2.	Перспективы практической обработки квантовой информации. Квантовая томография. Информация в квантовых каналах.	6		7	4			8	опрос

<i>Итого по модулю 2</i>			14	7			15	зачет
ИТОГО		72	28	14			30	

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

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1. Основы квантовой теории информации.

Общие принципы квантовых вычислений. Введение в информатику. Вычислительные модели. Машина Тьюринга. Квантовые биты. Квантовые вычисления. Одно- и многокубитовые элементы. Квантовые схемы. Схема копирования кубита. ЭПР-пары. Квантовая телепортация. Квантовые алгоритмы. Классические вычисления на квантовом компьютере. Квантовый параллелизм. Алгоритм Дойча. Алгоритм Дойча-Йожа. Квантовое моделирование.

Модуль 2. Экспериментальная обработка квантовой информации.

Связь с квантовой механикой и линейной алгеброй. Эксперимент Штерна-Герлаха. Перспективы практической обработки квантовой информации. Квантовая томография. Информация в квантовых каналах.

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;
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- решение некоторых задач с применением компьютера.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Классическая теория вычислений	Запись числа в регистр. Универсальный компьютер (машина Тьюринга). Мультипликативный и факторизационный алгоритмы.
Аксиомы квантовой механики	Основные понятия. Собственные значения и собственные вектора. Базис эрмитового оператора. Квантовое измерение.
Квантовые коммуникации	Плотное кодирование. Однобитная телепортация. Обмен перепутывания.
Квантовые вычисления.	Логические схемы для квантовых компьютеров. Преобразование Адамара. Запись чисел в квантовый регистр. Вычисление функций.

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

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

7.1. Типовые контрольные задания

7.1.1. Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы.

1. Криптосистема с открытым ключом. Сопоставление классического и квантового алгоритмов.
2. Общие принципы квантовых вычислений. Квантовые биты.
3. Вычислительные модели. Машина Тьюринга.
4. Квантовые вычисления. Квантовые схемы.
5. Квантовая телепортация. Квантовая томография.
6. Классические вычисления на квантовом компьютере.
7. Квантовый параллелизм.
8. Квантовое моделирование.
9. Эксперимент Штерна-Герлаха.
10. Информация в квантовых каналах.
11. Собственные вектора и собственные значения. Скалярное произведение.
12. Тензорное произведение.
13. Оператор плотности. Квантовая энтропия.

7.1.2. Перечень вопросов к экзамену.

1. Машина Тьюринга.
2. Алгоритм Дойча.
3. Алгоритм Дойча-Йожа.
4. Квантовый параллелизм.
5. Схема копирования кубита.
6. ЭПР-пары.
7. Квантовая телепортация.
8. Квантовая томография.
9. Собственные вектора и собственные значения.
10. Скалярное произведение.
11. Тензорное произведение.
12. Эксперимент Штерна-Герлаха.

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:

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

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

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

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

а) основная литература:

1. Д. Боумейстер, А. Экерт, А. Цайлингер, Физика квантовой информации. Москва, Постмаркет, 2002.-376с., ил.
2. М. Нильсен, И. Чанг, Квантовые вычисления и квантовая информация. Москва, Мир, 2006.-824с., ил.
3. Дж. Прескилл, «Квантовая информация и квантовые вычисления», пер. с англ., Москва, 2008.

б) дополнительная литература:

1. С.П.Кулик, Лекции по курсу «Квантовая информация и квантовая оптика»
2. С.Я. Килин, «Квантовая информация», УФН, 169, № 5, 1999, с. 507-526
3. В.Н. Горбачев, А.И. Жилиба, «Физические основы современных информационных процессов», С.-Петербург, Тверь, 2001.

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 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. Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучения: [база данных] / Даг. гос. ун-т. - Махачкала, г. - Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. - URL: <http://moodle.dgu.ru/> (дата обращения: 22.03.2018).
4. 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)
5. 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.
6. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
7. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
8. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
9. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
10. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
11. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
12. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
13. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

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

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

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

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

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

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

При наличии технической возможности, желательно использование электронных презентаций и видеопроектора для лучшей наглядности приводимых на лекциях схем.

Необходимым является использование компьютерной техники при работе над вопросами, включенными в план самостоятельной работы.

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.