

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет»
Институт математики, физики и компьютерных наук
Кафедра общей и теоретической физики

Утверждена на заседании
Ученого совета ИМФКН
«__» _____ 20__ г.
Протокол №__

Рабочая программа дисциплины

Квантовая информатика

Направление подготовки
01.04.01 Математика

Квалификация
магистр

Форма обучения
очная

Улан-Удэ
2022

Пояснительная записка

Цели освоения дисциплины

- углубленное понимание закономерностей передачи, хранения и преобразования информации в микро- и наносистемах, подчиняющихся законам квантовой механики. Освоение новых возможностей квантовых информационных технологий, принципов оптимального, помехоустойчивого кодирования и декодирования классической и квантовой информации с использованием различных дополнительных ресурсов.

Место дисциплины в структуре образовательной программы

Б1.О. Программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности. Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и студентов, изучающих дисциплину «Квантовая информатика».

В результате освоения дисциплины студент должен:

Планируемые результаты обучения по дисциплине и индикаторы достижения компетенций.

Знать:

принципы статистического описания классических и квантовых информационных систем

Уметь:

оценивать основные количественные критерии качества функционирования квантовых информационных систем при наличии шумов и декогеренции

Владеть:

навыками применения основных квантовых протоколов передачи и обработки информации и вспомогательных информационных ресурсов

Планируемые результаты освоения образовательной программы:

- ОПК-2 - Способен строить и анализировать математические модели в современном естествознании, технике, экономике и управлении
 - ОПК-2.2 - Подбирает и применяет конкретные методы и средства построения и анализа математических моделей

Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

№	Название разделов дисциплины	Лекция	Лабораторная работа	Самостоятельная работа
Семестр 1		22	22	100
1	Основы квантовой теории статистических решений	6	6	10
2	Квантовые каналы связи	8	8	30
3	Основы квантовой теории информации	8	8	60

Тематическое планирование курса

Основы квантовой теории статистических решений

Семестр 1

Основы квантовой теории статистических решений

Лекция. 6(0) ч. Квантовые наблюдаемые: построение из аксиом Вероятностные операторно-значные меры. Переполненные системы Выпуклая структура множества наблюдаемых. Экстремальные наблюдаемые Оптимальное различение и оценивание квантовых состояний Информационно-полные измерения и томография квантового состояния.

Лабораторная работа. 6(0) ч. Квантовые наблюдаемые: построение из аксиом Вероятностные операторно-значные меры. Переполненные системы Выпуклая структура множества наблюдаемых. Экстремальные наблюдаемые Оптимальное различение и оценивание квантовых состояний Информационно-полные измерения и томография квантового состояния.

Самостоятельная работа. 10(0) ч. Проработка лекционного материала.

Квантовые каналы связи

Квантовые каналы связи

Лекция. 8(0) ч. Эволюции квантовой системы и вполне положительные отображения Расширение Стайнспринга. Представление Крауса. Открытые квантовые системы Квантовые энтропийные и информационные количества Монотонность относительной энтропии. Квантовая Н-теорема

Лабораторная работа. 8(0) ч. Эволюции квантовой системы и вполне положительные отображения Расширение Стайнспринга. Представление Крауса. Открытые квантовые системы Квантовые энтропийные и информационные количества Монотонность относительной энтропии. Квантовая Н-теорема

Самостоятельная работа. 30(0) ч. Проработка лекционного материала. Подготовка докладов.

Основы квантовой теории информации

Семестр 1

Основы квантовой теории информации

Лекция. 8(0) ч. Классическая пропускная способность квантового канала связи Передача классической информации с помощью сцепленного состояния Передача квантовой информации. Квантовые коды, исправляющие ошибки Канал с подслушивателем. Квантовая криптография Секретная классическая пропускная способность и когерентная информация

Лабораторная работа. 8(0) ч. Классическая пропускная способность квантового канала связи Передача классической информации с помощью сцепленного состояния Передача квантовой информации. Квантовые коды, исправляющие ошибки Канал с подслушивателем. Квантовая криптография Секретная классическая пропускная способность и когерентная информация

Самостоятельная работа. 60(0) ч. Проработка лекционного материала. Подготовка докладов. Подготовка к коллоквиуму.

БРС

Семестр	Контрольные точки	Баллы
1	Текущий контроль в разделе «Квантовые каналы связи»	
	Доклад	30
1	Текущий контроль в разделе «Основы квантовой теории информации»	
	Коллоквиум	30
1	Экзамен	
	Ответы на вопросы по билетам	40
Итого за семестр 1:		100

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного процесса**Образовательные технологии (в том числе на занятиях, проводимых в интерактивных формах).**

Разбор примеров и практических задач.

Учебно-методические материалы, в том числе методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

1. Использование формализма Дирака для представления векторов и операторов. Соотношение полноты в гильбертовом пространстве.
2. Спектральное разложение эрмитова оператора. Свойства собственных чисел и собственных векторов.
3. Классическое и квантовое описание статистического эксперимента, их сходство и отличия.
4. Матрица плотности. Классическое и квантовое чистое состояние. Вектор состояния.
5. Определение и свойства проекционного оператора. Разложение единицы (спектральная мера).
6. Спектральное разложение эрмитова оператора в терминах проекторов на собственные подпространства.
7. Статистический постулат Борна-фон Неймана. Математическое ожидание и распределение вероятностей квантовой наблюдаемой.
8. Пространство состояний q -бита. Шар Блоха. Векторы чистых состояний.
9. Свойства матриц Паули. Наблюдаемая «проекция спина».
10. Функции от эрмитова оператора. Совместимые наблюдаемые.
11. Соотношение неопределенностей.
12. Проекционный постулат фон Неймана-Людерса. Изменение квантового состояния в результате измерения. Апостериорное состояние.
13. Определение и свойства унитарного оператора. Динамический постулат квантовой механики. Уравнение Шредингера.
14. Состояния составной квантовой системы. Тензорное произведение векторов, матриц и операторов.
15. Пространство состояний системы из n q -битов. Одно- и двух- q -битные операции.
16. Сцепленное (запутанное) состояние. Разложение Шмидта.
17. Протокол сверхплотного кодирования.
18. Протокол телепортации квантового состояния.

19. Протокол BB84 квантового распределения секретного ключа.

20. Алгоритм Дойча.

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

По данной дисциплине разработано учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся и размещено в электронной информационно-образовательной среде университета (личном кабинете студента).

Оценочные средства

По данной дисциплине разработаны оценочные средства, критерии их оценивания, а также методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

- [ФОС_Квантовая информатика_Архинчев ВЕ.docx](#)

Список литературы

Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная

1. [Квантовая механика](#): Учебное пособие для вузов/Ефремов Ю. С.. —Москва: Юрайт, 2022. —458 с.
Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/492838>
2. [Квантовая физика и неколмогоровские теории вероятностей](#): Учебное пособие для вузов/Хренников А. Ю.. —Москва: Юрайт, 2022. —219 с.
Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/491153>
3. [Электроника в 4 ч. Часть 3. Квантовая и оптическая электроника](#): Учебник для вузов/Щука А. А., Сигов А. С. ; отв. ред. Сигов А. С.. —Москва: Юрайт, 2022. —117 с.
Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/490608>

Дополнительная

1. [Физика элементарных частиц: квантовая хромодинамика в 2 т. Том 1](#): Учебное пособие Для вузов/Иоффе Б. Л., Липатов Л. Н., Фадин В. С.. —Москва: Юрайт, 2019. —408 с.
Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/441447>
2. [Квантовая механика и квантовая химия](#): Учебник и практикум Для академического бакалавриата/Ермаков А. И.. —Москва: Юрайт, 2017. —555 с.
Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/402514>

Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Федеральный портал. Российское образование. <http://www.edu.ru/>

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Портал электронного обучения БГУ e.bsu.ru

Система дифференцированного интернет-обучения Hecadem, Moodle.bsu.ru

Личный кабинет преподавателя или студента БГУ <https://my.bsu.ru/>

Федеральное интернет-тестирование: проекты «Интернет-тренажеры в сфере профессионального образования» и «Федеральный интернет-экзамен в сфере профессионального образования»

База данных «Университет»

Электронные библиотечные системы: Руконт, издательство «Лань», Консультант студента

Тестовый доступ: American Institute of Physics, Znanium.com, Casc, Редакция журналов BMJ Group, БиблиоРоссика, электронная коллекция книг и журналов Informa Healthcare, Polpred, Science Translational Medicine, коллекция журналов BMG Group

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

Для обеспечения преподавания данной дисциплины необходимы: аудитория, оборудованная доской, интерактивной доской, учебными местами для студентов, рабочим местом преподавателя.

Технические средства обучения (ноутбук, документ-камера, мультимедийное оборудование).

Компьютерный класс.

Автор: Архинчеев Валерий Ефимович

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры общей и теоретической физики от 08 сентября 2021 г.
Протокол №1.