

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет»
Институт математики, физики и компьютерных наук
Кафедра информационных систем и методов искусственного интеллекта

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

Рабочая программа дисциплины

Квантовая информатика

Направление подготовки
01.04.02 Прикладная математика и информатика

Квалификация
магистр

Форма обучения
очная

Улан-Удэ
2023

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».

Планируемые результаты обучения по дисциплине и индикаторы достижения компетенций.

В результате освоения дисциплины студент должен:

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 совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач
 - 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		26	26	92
1	Основы квантовой теории статистических решений	10	10	10
2	Квантовые каналы связи	8	8	30
3	Основы квантовой теории информации	8	8	52

Тематическое планирование курса

Основы квантовой теории статистических решений

Семестр 1

Основы квантовой теории статистических решений

Лекция. 10(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. 10(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**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. 52(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.

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).

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.

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 _____ от «__»
_____ 20__ г. Протокол №__.