

# ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ

Программа курса лекций А. С. Холево

Квантовая теория информации -- новая дисциплина, которая изучает общие закономерности передачи, хранения и преобразования информации в системах, подчиняющихся законам квантовой механики. Квантовая теория информации использует математический аппарат матричного и операторного анализа, некоммутативной теории вероятностей для исследования потенциальных возможностей таких систем. Немаловажным попутным результатом является существенное прояснение логической структуры квантовой механики, ее оснований и соотношения с реальностью. В лекциях подробно обсуждается фундаментальное понятие квантового канала, рассматриваются его энтропийные и информационные характеристики. Необычные возможности квантовых систем передачи и преобразования информации проиллюстрированы на примерах сверхплотного кодирования, квантовой телепортации и эффективных квантовых алгоритмов.

В лекциях приведены необходимые сведения из классической теории информации и дается подробное введение в статистическую структуру квантовой теории, поэтому для их понимания достаточно владения основными общематематическими дисциплинами. Настоящий курс лекций осуществляется в рамках сотрудничества с Российским Квантовым Центром.

## **Глава 1. Статистическая структура квантовой теории**

### **§ 1. Операторы в унитарном пространстве. Формализм Дирака**

#### § 2. Классические и квантовые системы

#### § 3. Аксиомы статистического описания

#### § 4. Квантовые состояния – операторы плотности. Чистые состояния

#### § 5. Квантовые наблюдаемые: построение из аксиом

#### § 6. Вероятностные операторно-значные меры. Переполненные системы

#### § 7. Совместимость и дополнительность. Соотношение неопределенностей

#### § 8. Выпуклая структура множества наблюдаемых. Экстремальные наблюдаемые

#### § 9. Оптимальное различение и оценивание квантовых состояний

#### § 10. Байесовская задача различения состояний

#### § 11. Информационно-полные измерения и томография квантового состояния

## **Глава 2. Составные квантовые системы и сцепленность (запутанность)**

### § 1. Тензорное произведение

### § 2. Расширение Наймарка

- § 3. Разложение Шмидта и очищение состояния
- § 4. Парадокс Эйнштейна—Подольского—Розена. Неравенство Белла
- § 5. Квантовая псевдотелепатическая игра
- § 6. Квантовая система как носитель информации
- § 7. Сверхплотное кодирование
- § 8. Телепортация квантовых состояний
- § 9. Квантовые вычисления

### **Глава 3. Квантовые информационные системы**

- § 1. Эволюции квантовой системы и вполне положительные отображения
- § 2. Расширение Стайнспринга. Представление Крауса. Открытые квантовые системы
- § 3. Квантовые энтропийные и информационные количества
- § 4. Монотонность относительной энтропии. Квантовая H-теорема
- § 5. Классическая пропускная способность квантового канала связи
- § 6. Передача классической информации с помощью сцепленного состояния
- § 7. Передача квантовой информации. Квантовые коды, исправляющие ошибки
- § 8. Канал с подслушивателем. Квантовая криптография
- § 9. Секретная классическая пропускная способность и когерентная информация

### ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Нильсен, И. Чанг, Квантовые вычисления и квантовая информация. Мир 2006.
2. А. С. Холево, Квантовые системы, каналы, информация. МЦНМО 2010.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. П. А.М. Дирак, Принципы квантовой механики. Наука, 1970.
2. А. Китаев, А. Шень, М. Вялый, Классические и квантовые вычисления. МЦНМО 1999.
3. Дж. фон Нейман, Математические основы квантовой механики. Наука 1964.

4. Л. Д. Фаддеев, О. Я. Якубовский, Лекции по квантовой механике для студентов-математиков. РХД 2001.
5. Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, Фейнмановские лекции по физике. 8. Квантовая механика. Мир, 1986.
6. К. Хелстром, Квантовая теория проверки гипотез и оценивания. Мир 1979.