

**ГОУ ВПО Российско-Армянский (Славянский)
университет**



УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины: Б1.В.05 Квантовая коммуникация

Автор (ы) Айрапетян Давид Борисович, д.ф.-м.н., доцент
Ф.И.О, ученое звание (при наличии), ученая степень (при наличии)

Направление подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Наименование образовательной программы: Квантовая информатика

Согласовано:

Заведующий Кафедрой общей физики и квантовых наноструктур

Айрапетян Д.Б.



(подпись)

1. АННОТАЦИЯ

1.1. Краткое описание содержания данной дисциплины;

Курс "**Квантовая телекоммуникация**" посвящен изучению принципов передачи информации с использованием квантовых эффектов, таких как суперпозиция, запутанность и квантовая телепортация. Он охватывает теоретические основы квантовой механики, основы квантовой криптографии, методы квантового распределения ключей (QKD), квантовые коммуникационные сети и их архитектуру, а также технологии аппаратной реализации квантовой связи.

Основное внимание уделяется безопасности квантовых систем, защите информации с помощью квантовых методов и перспективам развития квантового интернета. В ходе изучения дисциплины рассматриваются как фундаментальные аспекты, так и практические применения квантовых коммуникаций, включая современные технологии квантовой криптографии и существующие глобальные квантовые сети.

1.2. Трудоемкость в академических кредитах и часах, формы итогового контроля (экзамен/зачет);

4 з.е. (144ч.), зачет

1.3. Взаимосвязь дисциплины с другими дисциплинами учебного плана специальности (направления)

Теоретическая механика, Введение в квантовую механику, Углубленный курс квантовой механики, Квантовая информатика.

1.4. Результаты освоения программы дисциплины:

| Код компетенции (в соответствии рабочим с учебным планом) | Наименование компетенции (в соответствии рабочим с учебным планом) | Код индикатора достижения компетенций (в соответствии рабочим с учебным планом) | Наименование индикатора достижений компетенций (в соответствии рабочим с учебным планом) |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|

| | | | |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| УК-2. | Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений | УК-2.1 УК-2.2 УК-2.3 | Знает виды ресурсов и ограничений для решения профессиональных задач и основные методы оценки разных способов решения задач; действующее законодательство и правовые нормы, регулирующие профессиональную деятельность Умеет проводить анализ поставленной цели и формулировать задачи, которые необходимо решить для ее достижения и анализировать альтернативные варианты для достижения намеченных результатов; использовать нормативно-правовую документацию в сфере профессиональной деятельности Владеет методиками разработки цели и задач проекта, методами оценки потребности в ресурсах, продолжительности и стоимости проекта; навыками работы с нормативно-правовой документацией |
| ОПК-3 | Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности | ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3 | Знает, как использовать информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации и современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации Умеет решать задачи обработки данных с помощью современных средств автоматизации Владеет навыками обеспечения информационной безопасности |

| | | | |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-4 | Способен применять современные компьютерные технологии для подготовки текстовой и конструкторско-технологической документации с учетом требований нормативной документации | ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-4.3 | Знает, как использовать компьютерные технологии для подготовки текстовой конструкторско-технологической документации; современные интерактивные программные комплексы для выполнения и редактирования текстов, изображений и чертежей Умеет проектировать решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений; использовать современные средства автоматизации разработки и выполнения конструкторской документации Владеет современными программными средствами подготовки конструкторско-технологической документации |
| ОПК-5 | Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения | ОПК-5.1 ОПК-5.2 ОПК-5.3 | Понимает принципы построения алгоритмов и компьютерных программ, пригодных для практического применения Умеет на основе алгоритмов применять языки программирования для создания компьютерные программ Владеет навыками программирования, отладки и тестирования компьютерных программ |
| ПК-1 | Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные | ПК-1.1 ПК-1.2 | Знает принципы построения и функционирования изделий микро- и наноэлектроники Умеет рассчитывать предельно-допустимые и предельные режимы работы изделий микро- и |

| | | | |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | методы и средства решения сформулированных задач | ПК-1.3 | нанoeлектроники Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро- и нанoeлектроники |
| ПК-2 | Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию | ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 | Знает методы разработки эффективных алгоритмов решения научно-исследовательских задач Умеет использовать алгоритмы решения исследовательских задач с использованием современных языков программирования Владеет навыками разработки стратегии и методологии исследования изделий микро- и нанoeлектроники |

2. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

2.1. Цели и задачи дисциплины

Цель – формирование у студентов фундаментальных знаний и практических навыков в области передачи, защиты и обработки информации с использованием принципов квантовой механики.

Задачи:

1. **Ознакомление с основами квантовой механики**, необходимыми для понимания принципов квантовой связи (суперпозиция, запутанность, измерения, декогеренция).
2. **Изучение квантовой информации и криптографии**, включая квантовое распределение ключей (QKD) и протоколы (BB84, E91, B92 и др.).
3. **Анализ уязвимостей квантовых коммуникационных систем** и методов их защиты от потенциальных атак.
4. **Изучение архитектуры квантовых сетей**, включая принципы работы квантовых повторителей, квантовой телепортации и спутниковых квантовых каналов.

5. Рассмотрение аппаратных решений для реализации квантовой связи, включая генераторы одиночных фотонов, детекторы и квантовые памяти.
6. Ознакомление с существующими квантовыми коммуникационными системами и проектами (Micius, EuroQCI, NASA QComm и др.).
7. Изучение перспектив развития квантового интернета и его интеграции с классическими коммуникационными системами.
8. Развитие навыков работы с квантовыми коммуникационными системами и анализа их практического применения в области информационной безопасности.

Выполнение этих задач позволит студентам овладеть теоретическими и практическими аспектами квантовой связи, а также подготовиться к работе в данной области.

2.2. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах и зачетных единицах) (удалить строки, которые не будут применены в рамках дисциплины)

| Виды учебной работы | Всего, в акад. часах | Распределение по семестрам |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------|
| | | 1 сем |
| 1 | 2 | 3 |
| 1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.: | 144 | 144 |
| 1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.: | 32 | |
| 1.1.1. Лекции | 16 | 16 |
| 1.1.2. Практические занятия, в т. ч. | 16 | 16 |
| 1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.: | 112 | 112 |
| 1.3. Консультации | | |
| Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет - указать) | Зачет | |

2.3. Содержание дисциплины

2.3.1. Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (модули, разделы дисциплины и виды занятий) по рабочему учебному плану

| Разделы и темы дисциплины | Всего (ак. часов) | Лекции (ак. часов) | Практ. Занятия (ак. часов) |
|---------------------------|-------------------|--------------------|----------------------------|
|---------------------------|-------------------|--------------------|----------------------------|

| 1 | 2=3+4+5+6+7 | 3 | 4 |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|-----------|
| Основные концепции. Основы квантовой механики для квантовой связи | 2 | 1 | 1 |
| Квантовые состояния и операции | 2 | 1 | 1 |
| Квантовые измерения | 2 | 1 | 1 |
| Квантовая телепортация и сверхплотное кодирование | 2 | 1 | 1 |
| Основы квантовой криптографии | 2 | 1 | 1 |
| Квантовое распределение ключей (QKD) | 2 | 1 | 1 |
| Атаки на квантовые криптографические системы | 2 | 1 | 1 |
| Квантовые повторители и расширение дальности связи | 2 | 1 | 1 |
| Глобальные квантовые сети | 2 | 1 | 1 |
| Квантовые алгоритмы для коммуникационных систем | 2 | 1 | 1 |
| Генерация и детектирование одиночных фотонов | 2 | 1 | 1 |
| Технологии передачи квантовой информации | 2 | 1 | 1 |
| Детекторы квантовых состояний | 2 | 1 | 1 |
| Квантовый интернет | 2 | 1 | 1 |
| Интеграция квантовой связи с классическими системами | 2 | 1 | 1 |
| Выход за пределы криптографии: квантовые сенсоры и вычисления | 2 | 1 | 1 |
| ИТОГО | 32 | 16 | 16 |

2.3.2. Краткое содержание разделов дисциплины в виде тематического плана

Раздел 1 Основные концепции

- Развитие классической и квантовой коммуникации
- Принципы работы квантовой связи
- Сравнение классической и квантовой передачи информации
- Обзор современных квантовых коммуникационных технологий

Раздел 2 Основы квантовой механики для квантовой связи

- Принцип суперпозиции
- Принцип неопределенности Гейзенберга

- Квантовая запутанность
- Теоремы Белла и неравенства Белла

Раздел 3 Квантовые состояния и операции

- Кубиты и многокубитные системы
- Операции с квантовыми состояниями
- Квантовые каналы и шум

Раздел 4 Квантовые измерения

- Ортогональные и неортогональные измерения
- Коллапс волновой функции
- Декогеренция и ее влияние на квантовые системы

Раздел 5 Квантовая телепортация и сверхплотное кодирование

- Принципы квантовой телепортации
- Экспериментальные реализации
- Применение сверхплотного кодирования

Раздел 6 Основы квантовой криптографии

- Принципы безопасности квантовой криптографии
- Различие между классическими и квантовыми криптографическими методами

Раздел 7 Квантовое распределение ключей (QKD)

- BB84 — базовый протокол квантового распределения ключей
- E91 — протокол на основе запутанных состояний
- Другие методы квантового распределения ключей (SARG04, B92)

Раздел 8 Атаки на квантовые криптографические системы

- Физические уязвимости
- Атаки на детекторы (blinding attacks)
- Методы повышения устойчивости к атакам

Раздел 9 Квантовые повторители и расширение дальности связи

- Ограничения дальности квантовой связи
- Квантовые повторители и запутывание
- Квантовые памяти

Раздел 10 Глобальные квантовые сети

- Архитектура квантового интернета
- Спутниковая квантовая связь

- Реальные проекты (China Micius, EuroQCI, NASA QComm)

Раздел 11 Квантовые алгоритмы для коммуникационных систем

- Алгоритм Шора и квантовая угроза шифрованию
- Алгоритм Гровера и его применение

Раздел 12 Генерация и детектирование одиночных фотонов

- Источники одиночных фотонов
- Квантовые точки и нелинейные кристаллы

Раздел 13 Технологии передачи квантовой информации

- Оптические волокна и атмосфера
- Спутниковые системы квантовой связи

Раздел 14 Детекторы квантовых состояний

- Фотонные детекторы (SPAD, TES, SNSPD)
- Поляризационные и временные кодировки

Раздел 15 Квантовый интернет

- Концепция глобальной квантовой сети
- Архитектура и ключевые технологии
- Возможные применения

Раздел 16 Интеграция квантовой связи с классическими системами

- Гибридные сети (классическая + квантовая криптография)
- Реальные примеры коммерческих решений

Раздел 17 Выход за пределы криптографии: квантовые сенсоры и вычисления

- Квантовые сенсоры в связи
- Квантовые вычисления и их влияние на коммуникации

Список Литературы

А) Основные

1. Nielsen M.A., Chuang I.L. – *Quantum Computation and Quantum Information* (Cambridge University Press, 2010).
2. Bouwmeester D., Ekert A., Zeilinger A. – *The Physics of Quantum Information: Quantum Cryptography, Quantum Teleportation, Quantum Computation* (Springer, 2000).
3. Barnett S.M. – *Quantum Information* (Oxford University Press, 2009).
4. Benenti G., Casati G., Strini G. – *Principles of Quantum Computation and Information, Vol. 1: Basic Concepts* (World Scientific, 2004).

5. Gisin N., Ribordy G., Tittel W., Zbinden H. – *Quantum Cryptography* (Reviews of Modern Physics, 2002).

Б) Монографии и специализированные издания:

6. Scarani V. – *Quantum Physics: A First Encounter – Interference, Entanglement, and Reality* (Oxford University Press, 2006).
7. Pirandola S., Braunstein S.L. – *Quantum Teleportation and Beyond* (Nature Physics, 2015).
8. Shor P.W. – *Polynomial-Time Algorithms for Prime Factorization and Discrete Logarithms on a Quantum Computer* (SIAM Journal on Computing, 1997).
9. Lo H.-K., Curty M., Tamaki K. – *Secure Quantum Key Distribution* (Nature Photonics, 2014).
10. Diamanti E., Leverrier A. – *Quantum Cryptography with Continuous Variables* (Entropy, 2015).

В) Статьи и современные исследования:

11. Bennett C.H., Brassard G. – *Quantum Cryptography: Public Key Distribution and Coin Tossing* (Proceedings of IEEE International Conference on Computers, Systems, and Signal Processing, 1984).
12. Ekert A.K. – *Quantum Cryptography Based on Bell's Theorem* (Physical Review Letters, 1991).
13. Briegel H.J., Dür W., Cirac J.I., Zoller P. – *Quantum Repeaters: The Role of Imperfect Local Operations in Quantum Communication* (Physical Review Letters, 1998).
14. Kimble H.J. – *The Quantum Internet* (Nature, 2008).
15. Wehner S., Elkouss D., Hanson R. – *Quantum Internet: A Vision for the Road Ahead* (Science, 2018).

Г) Дополнительные ресурсы:

16. Vedral V. – *Decoding Reality: The Universe as Quantum Information* (Oxford University Press, 2010).
17. Hughes R.J. et al. – *Quantum Teleportation and Quantum Cryptography for Secure Communication* (Los Alamos Science, 1996).
18. Preskill J. – *Lecture Notes on Quantum Computation* (Caltech, доступно онлайн: <http://www.theory.caltech.edu/people/preskill/ph229/>).
19. Northup T., Blatt R. – *Quantum Information Processing with Trapped Ions* (Nature Photonics, 2014).
20. Zeilinger A. – *Dance of the Photons: From Einstein to Quantum Teleportation* (Farrar, Straus and Giroux, 2010).

2.3.3. Материально-техническое обеспечение дисциплины

(Кратко представить перечень материально-технического оснащения, информационно-технических средств).

Для успешного освоения дисциплины необходимо соответствующее материально-техническое обеспечение. Это включает в себя следующие компоненты:

1. Компьютерные классы
2. Программное обеспечение
3. Учебные материалы
4. Дополнительные ресурсы: Электронная библиотека с доступом к книгам по программированию и физике.

2.4. Модульная структура дисциплины с распределением весов по формам контролей

| Формы контролей | Вес формы (форм) текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля (по модулям) | | Вес формы промежуточного контроля в итоговой оценке промежуточного контроля | | Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей | | Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей (семестровой оценке) | Вес результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | M1 ¹ | M2 | M1 | M2 | M1 | M2 | | |
| Вид учебной работы/контроля | M1 ¹ | M2 | M1 | M2 | M1 | M2 | | |
| Контрольная работа <i>(при наличии)</i> | | | 0.5 | 0.5 | | | | |
| Устный опрос <i>(при наличии)</i> | | | | | | | | |
| Тест <i>(при наличии)</i> | | | | | | | | |
| Лабораторные работы <i>(при наличии)</i> | 0.5 | 0.5 | | | | | | |
| Письменные домашние задания <i>(при наличии)</i> | | | | | | | | |
| Реферат <i>(при наличии)</i> | | | | | | | | |
| Эссе <i>(при наличии)</i> | | | | | | | | |
| Проект <i>(при наличии)</i> | | | | | | | | |
| <i>Решение задач</i> | 0.5 | 0.5 | | | | | | |
| Вес результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей | | | | | 0.5 | 0.5 | | |
| Вес оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей | | | | | | | | |
| Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей | | | | | | | 0.5 | |
| Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей | | | | | | | 0.5 | |
| Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля | | | | | | | | 0.5 |

¹ Учебный Модуль

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Вес итогового контроля (Экзамен/зачет) в результирующей оценке итогового контроля | | | | | | | | 0.5 |
| | $\Sigma = 1$ |

3. Теоретический блок (указываются материалы, необходимые для освоения учебной программы дисциплины)

3.1. Материалы по теоретической части курса

3.1.1. Учебник(и)

А) Основные

6. Nielsen M.A., Chuang I.L. – *Quantum Computation and Quantum Information* (Cambridge University Press, 2010).
7. Bouwmeester D., Ekert A., Zeilinger A. – *The Physics of Quantum Information: Quantum Cryptography, Quantum Teleportation, Quantum Computation* (Springer, 2000).
8. Barnett S.M. – *Quantum Information* (Oxford University Press, 2009).
9. Benenti G., Casati G., Strini G. – *Principles of Quantum Computation and Information, Vol. 1: Basic Concepts* (World Scientific, 2004).
10. Gisin N., Ribordy G., Tittel W., Zbinden H. – *Quantum Cryptography* (Reviews of Modern Physics, 2002).

Б) Монографии и специализированные издания:

11. Scarani V. – *Quantum Physics: A First Encounter – Interference, Entanglement, and Reality* (Oxford University Press, 2006).
12. Pirandola S., Braunstein S.L. – *Quantum Teleportation and Beyond* (Nature Physics, 2015).
13. Shor P.W. – *Polynomial-Time Algorithms for Prime Factorization and Discrete Logarithms on a Quantum Computer* (SIAM Journal on Computing, 1997).
14. Lo H.-K., Curty M., Tamaki K. – *Secure Quantum Key Distribution* (Nature Photonics, 2014).
15. Diamanti E., Leverrier A. – *Quantum Cryptography with Continuous Variables* (Entropy, 2015).

В) Статьи и современные исследования:

16. Bennett C.H., Brassard G. – *Quantum Cryptography: Public Key Distribution and Coin Tossing* (Proceedings of IEEE International Conference on Computers, Systems, and Signal Processing, 1984).
17. Ekert A.K. – *Quantum Cryptography Based on Bell's Theorem* (Physical Review Letters, 1991).
18. Briegel H.J., Dür W., Cirac J.I., Zoller P. – *Quantum Repeaters: The Role of Imperfect Local Operations in Quantum Communication* (Physical Review Letters, 1998).
19. Kimble H.J. – *The Quantum Internet* (Nature, 2008).
20. Wehner S., Elkouss D., Hanson R. – *Quantum Internet: A Vision for the Road Ahead* (Science, 2018).

Г) Дополнительные ресурсы:

21. Vedral V. – *Decoding Reality: The Universe as Quantum Information* (Oxford University Press, 2010).
22. Hughes R.J. et al. – *Quantum Teleportation and Quantum Cryptography for Secure Communication* (Los Alamos Science, 1996).
23. Preskill J. – *Lecture Notes on Quantum Computation* (Caltech, доступно онлайн: <http://www.theory.caltech.edu/people/preskill/ph229/>).
24. Northup T., Blatt R. – *Quantum Information Processing with Trapped Ions* (Nature Photonics, 2014).
25. Zeilinger A. – *Dance of the Photons: From Einstein to Quantum Teleportation* (Farrar, Straus and Giroux, 2010).

4. Фонды оценочных средств (указываются материалы, необходимые для проверки уровня знаний в соответствии с содержанием учебной программы дисциплины).

4.1. Планы практических занятий

1. Развитие классической и квантовой коммуникации
2. Принципы работы квантовой связи
3. Сравнение классической и квантовой передачи информации
4. Обзор современных квантовых коммуникационных технологий
5. Принцип суперпозиции
6. Принцип неопределенности Гейзенберга
7. Квантовая запутанность
8. Теоремы Белла и неравенства Белла
9. Кубиты и многокубитные системы
10. Операции с квантовыми состояниями
11. Квантовые каналы и шум
12. Ортогональные и неортогональные измерения
13. Коллапс волновой функции
14. Декогеренция и ее влияние на квантовые системы
15. Принципы квантовой телепортации
16. Экспериментальные реализации
17. Применение сверхплотного кодирования
18. Принципы безопасности квантовой криптографии
19. Различие между классическими и квантовыми криптографическими методами
20. BB84 — базовый протокол квантового распределения ключей
21. E91 — протокол на основе запутанных состояний
22. Другие методы квантового распределения ключей (SARG04, B92)
23. Физические уязвимости
24. Атаки на детекторы (blinding attacks)
25. Методы повышения устойчивости к атакам
26. Ограничения дальности квантовой связи
27. Квантовые повторители и запутывание
28. Квантовые памяти
29. Архитектура квантового интернета
30. Спутниковая квантовая связь

31. Реальные проекты (China Micius, EuroQCI, NASA QComm)
32. Алгоритм Шора и квантовая угроза шифрованию
33. Алгоритм Гровера и его применение
34. Источники одиночных фотонов
35. Квантовые точки и нелинейные кристаллы
36. Оптические волокна и атмосфера
37. Спутниковые системы квантовой связи
38. Фотонные детекторы (SPAD, TES, SNSPD)
39. Поляризационные и временные кодировки
40. Концепция глобальной квантовой сети
41. Архитектура и ключевые технологии
42. Возможные применения
43. Гибридные сети (классическая + квантовая криптография)
44. Реальные примеры коммерческих решений
45. Квантовые сенсоры в связи
46. Квантовые вычисления и их влияние на коммуникации

4.2. Материалы по практической части курса

4.2.1. Задачники (практикумы);

Для закрепления теоретических знаний и развития навыков решения задач по квантовой коммуникации рекомендуется использовать следующие задачники:

1. Основные задачники по квантовой механике и квантовой информации:

1. **Sakurai J.J., Napolitano J.** – *Modern Quantum Mechanics: Problems and Solutions* (Cambridge University Press, 2020).
 - Разделы по квантовой запутанности, измерениям и суперпозиции, необходимые для понимания квантовой связи.
2. **Peres A.** – *Quantum Theory: Concepts and Methods* (Springer, 1993).
 - Включает задачи по основам квантовой теории, квантовой криптографии и неравенствам Белла.
3. **Benenti G., Casati G., Strini G.** – *Principles of Quantum Computation and Information, Vol. 2: Basic Tools and Special Topics* (World Scientific, 2007).
 - Содержит задачи по квантовому распределению ключей (QKD) и защите квантовой информации.

2. Специализированные задачники по квантовой криптографии и квантовой связи:

5. **Scarani V.** – *Six Quantum Pieces: A First Course in Quantum Information* (World Scientific, 2010).
 - Разделы с задачами по квантовой телепортации, протоколу BB84 и квантовым сетям.

6. **Brassard G., Lütkenhaus N., Mor T., Sanders B.C.** – *Quantum Cryptography: Practice and Theory* (Cambridge University Press, 2005).
 - Практические задачи по атакам на квантовые криптографические системы.

4.3. Вопросы и задания для самостоятельной работы студентов

I. Теоретические вопросы

1. Основные принципы квантовой механики в коммуникации.
2. Протоколы квантовой криптографии (BB84, E91).
3. Квантовая телепортация и ее применение.
4. Квантовые сети и их архитектура.
5. Влияние шума и декогеренции на квантовую связь.

II. Практические задания

1. Вычисление вероятности успешного измерения кубита.
2. Анализ безопасности квантовых протоколов.
3. Оценка потерь в квантовом канале связи.
4. Программирование квантовой телепортации в Qiskit.
5. Моделирование работы квантового повторителя.

III. Анализ научных публикаций

1. Обзор современных квантовых сетей (Micius, EuroQCI).
2. Будущее квантового интернета и его вызовы.
3. Сравнение классического и квантового шифрования.
4. Анализ статей по квантовой криптографии.
5. Перспективы развития квантовой связи.

Эти вопросы и задания помогут студентам освоить ключевые аспекты квантовой коммуникации и применять знания на практике.

4.4. Перечень вопросов для зачета

1. Что такое кубит и как он отличается от классического бита?
2. Опишите принцип суперпозиции и его роль в квантовых системах.
3. Что такое квантовая запутанность? Приведите примеры ее использования.
4. В чем состоит теорема о запрете клонирования квантовых состояний?
5. Какие принципы лежат в основе квантовой криптографии?
6. Объясните работу протокола BB84. Как он обеспечивает безопасность передачи данных?
7. Опишите основные этапы квантовой телепортации.
8. Как работают квантовые повторители и почему они важны для квантовых сетей?
9. В чем заключаются преимущества и ограничения квантового шифрования по сравнению с классическим?

10. Какие методы защиты квантовых криптосистем от атак существуют?
11. Объясните принципы работы квантового распределения ключей (QKD).
12. Какие современные технологии используются для реализации квантовой связи?
13. Что такое квантовая ошибка и как она влияет на передачу информации по квантовому каналу?
14. Как современные квантовые сети (например, Micius, EuroQCI) способствуют развитию квантовой связи?
15. Какие основные проблемы и вызовы стоят перед развитием квантового интернета?
16. В чем заключается роль квантовых спутников в глобальных квантовых коммуникациях?
17. Как квантовая криптография может использоваться для защиты данных в облачных вычислениях?
18. Объясните, как используется квантовая информация в задачах симуляции и моделирования.
19. Какие перспективы у квантовых вычислений в контексте квантовой коммуникации?
20. Сравните реализацию квантовой криптографии в теории и практике.

4.5. Образцы экзаменационных билетов

ГОУ ВПО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра общей физики и квантовых наноструктур

Направление: Электроника и наноэлектроника
Дисциплина: Квантовая телекоммуникация
(бакалавриат III-ий курс, II-ой семестр)

Экзаменационный билет № **

1. Что такое кубит и как он отличается от классического бита?
2. Объясните принципы работы квантового распределения ключей (QKD).
3. Сравните реализацию квантовой криптографии в теории и практике.

Зав. кафедрой ОФКН _____ Д.Б. Айрапетян
20__г.
