

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

**Утверждено**  
**Директор Института**   
**А.К. Атаронян**

**«11» июня 2024г., протокол № 38**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**

**Наименование дисциплины: Б1.В.06 Квантовая телекоммуникация**

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

**Направление подготовки: 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:

<b>Код компетенции</b> (в соответствии рабочим с учебным планом)	<b>Наименование компетенции</b> (в соответствии рабочим с учебным планом)	<b>Код индикатора достижения компетенций</b> (в соответствии рабочим с учебным планом)	<b>Наименование индикатора достижений компетенций</b> (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
<b>1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	<b>64</b>	
1.1.1. Лекции	<b>32</b>	<b>32</b>
1.1.2. Практические занятия, в т. ч.	<b>32</b>	<b>32</b>
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	<b>80</b>	<b>80</b>
1.3. Консультации		
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет - указать)	<b>Зачет</b>	

### 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	2	1	1
Основы квантовой механики для квантовой связи	2	1	1
Квантовые состояния и операции	4	2	2
Квантовые измерения	4	2	2
Квантовая телепортация и сверхплотное кодирование	4	2	2
Основы квантовой криптографии	4	2	2
Квантовое распределение ключей (QKD)	4	2	2
Атаки на квантовые криптографические системы	4	2	2
Квантовые повторители и расширение дальности связи	4	2	2
Глобальные квантовые сети	4	2	2
Квантовые алгоритмы для коммуникационных систем	4	2	2
Генерация и детектирование одиночных фотонов	4	2	2
Технологии передачи квантовой информации	4	2	2
Детекторы квантовых состояний	4	2	2
Квантовый интернет	4	2	2
Интеграция квантовой связи с классическими системами	4	2	2
Выход за пределы криптографии: квантовые сенсоры и вычисления	4	2	2
<b>ИТОГО</b>	<b>64</b>	<b>32</b>	<b>32</b>

### 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)	Весы результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля
	M1 <sup>1</sup>	M2	M1	M2	M1	M2		
<b>Вид учебной работы/контроля</b>	M1 <sup>1</sup>	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						
Весы результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей					0.5	0.5		
Весы 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
<b>Вес итогового контроля (Экзамен/зачет) в результирующей оценке итогового контроля</b>								0.5
	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$

<sup>1</sup> Учебный Модуль

### **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**

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**  
**2025г.**

---