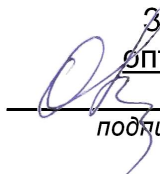


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
оптики и спектроскопии
 (Овчинников О.В.)
подпись, расшифровка подписи

31. 08. 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.06.01 Квантовые коммуникации

Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:
12.03.03 – Фотоника и оптоинформатика
2. Профиль подготовки/ специализация/ магистерская программа:
Фотоника и оптоинформатика
3. Квалификация (степень) выпускника:
Высшее образование (бакалавр)
4. Форма образования: Очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:
кафедра оптики и спектроскопии
6. Составители программы: Овчинников Олег Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент
7. Рекомендована: НМС физического ф-та ВГУ протокол № 6 от 24.06.2021
(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)
8. Учебный год: 2024/2025 Семестр(-ы): 8

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются:

сформировать знания об основных принципах и подходах к построению систем квантовой коммуникации и распределенных защищенных сетей на их основе; основных принципах формирования, передачи и регистрации квантовых сигналов в волоконно-оптических и атмосферных каналах передачи данных; изучить базовые протоколы, подходы к обоснованию их стойкости, методы экспериментальной реализации.

Задачи учебной дисциплины:

- изучить основные принципы и подходы к построению систем квантовой коммуникации и распределенных защищенных сетей на их основе;
- освоить принципы формирования, передачи и регистрации квантовых сигналов в волоконно-оптических и атмосферных каналах передачи данных
- изучить базовые протоколы, подходы к обоснованию их стойкости, методы экспериментальной реализации
- овладеть навыками работы с экспериментальными системами квантовой коммуникации;
- овладеть навыком самостоятельной работы с технической документацией устройств квантовой коммуникации.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: *часть, формируемая участниками образовательных отношений, дисциплины по выбору (Б1.В.ДВ.6), блок Б1.*

11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Способен к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики	ПК-2.1	Уточняет и корректирует требования к параметрам разрабатываемого оптического прибора	Знать: требования к параметрам разрабатываемого оптического прибора. Уметь: уточнять и корректировать требования к параметрам разрабатываемого оптического прибора. Владеть: навыками планирования корректировки требований к параметрам разрабатываемого оптического прибора.
		ПК-2.2	Согласовывает технические требования к параметрам разрабатываемого изделия и прибора, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации	Знать: технические требования к параметрам разрабатываемого изделия и прибора, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации. Уметь: согласовывать технические требования к параметрам разрабатываемого изделия и прибора, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации. Владеть: навыками согласования технических требований к параметрам разрабатываемого изделия и прибора, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации.
		ПК-2.3	Проводит поиск научно-технической информации для определения комплекса требований к	Знать: принципы поиска научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптическому прибору. Уметь: проводить поиск научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому

			разрабатываемому оптико-электронному прибору	оптико-электронному прибору. Владеть: навыками поиска научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору.
		ПК-2.4	Производит анализ исходных требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора	Знать: исходные требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора. Уметь: проводить анализ исходных требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора. Владеть: навыками анализа исходных требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора.
ПК-3	Способен к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях	ПК-3.1	Разрабатывает конструкторскую документацию на оптические, оптико-электронные, механические блоки, узлы и детали в соответствии с требованиями технического задания, стандартов и технологичности	Знать: конструкторскую документацию на оптические, оптико-электронные, механические блоки, узлы и детали в соответствии с требованиями технического задания, стандартов и технологичности. Уметь: разрабатывать конструкторскую документацию на оптические, оптико-электронные, механические блоки, узлы и детали в соответствии с требованиями технического задания, стандартов и технологичности. Владеть: навыками разработки конструкторской документации на оптические, оптико-электронные, механические блоки, узлы и детали в соответствии с требованиями технического задания, стандартов и технологичности.
		ПК-3.2	Разрабатывает документацию по обеспечению качества, надежности и безопасности на всех этапах жизненного цикла оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов	Знать: документацию по обеспечению качества, надежности и безопасности на всех этапах жизненного цикла оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. Уметь: разрабатывать документацию по обеспечению качества, надежности и безопасности на всех этапах жизненного цикла оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. Владеть: навыками разработки документации по обеспечению качества, надежности и безопасности на всех этапах жизненного цикла оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
		ПК-3.3	Согласовывает разрабатываемую проектную конструкторскую, рабочую конструкторскую документацию	Знать: разрабатываемую проектную конструкторскую, рабочую конструкторскую документацию. Уметь: согласовывать разрабатываемую проектную конструкторскую, рабочую конструкторскую документацию. Владеть: навыками согласования разрабатываемой документации.
		ПК-3.4	Разрабатывает эксплуатационно-техническую документацию на оптико-электронные приборы и	Знать: эксплуатационно-техническую документацию на оптико-электронные приборы и комплексы. Уметь: разрабатывать эксплуатационно-техническую документацию на оптико-электронные приборы и комплексы. Владеть: навыками разработки

			комплексы	эксплуатационно-технической документацию.
		ПК-3.5	Разрабатывает функциональные и структурные схемы оптоэлектронных приборов и комплексов с определением физических принципов действия устройств, их структур и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы	Знать: функциональные и структурные схемы оптоэлектронных приборов и комплексов. Уметь: разрабатывать функциональные и структурные схемы оптоэлектронных приборов и комплексов с определением физических принципов действия устройств, их структур и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы. Владеть: навыками определения физических принципов действия устройств, их структур и навыками установления технических требований.
		ПК-3.6	Разрабатывает технические задания на проектирование и конструирование оптоэлектронных приборов и комплексов	Знать: принципы разработки технического задания на проектирование и конструирование оптоэлектронных приборов и комплексов. Уметь: разрабатывать технические задания на проектирование и конструирование оптоэлектронных приборов и комплексов. Владеть: навыками разработки технического задания на проектирование и конструирование оптоэлектронных приборов и комплексов

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) — 5/180.

Форма промежуточной аттестации: экзамен

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			№ 8
Аудиторные занятия		60	60
в том числе:	лекции	36	36
	практические	24	24
	лабораторные		
Самостоятельная работа		84	84
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации <i>экзамен</i>		36	36
Итого:		180	180

13.1 Содержание дисциплины:

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Введение	Проблемы распределения ключей для современной защиты информации. Основные принципы квантового распределения ключей. Системы квантового распределения ключа.
1.2	Протоколы квантового распределения ключа	Обзор основных протоколов КРК. Протокол BB84 с поляризационным кодированием (пример)
1.3	Квантовые коммуникации по ВОЛС	Концепция квантовой сети. Мультиплексирование в системах квантовой коммуникации. Квантовые коммуникации и передача данных по одному каналу. Квантовые повторители.
1.4	Актуальные задачи развития систем квантового распределения ключа.	Увеличение скорость и дальность систем квантовой коммуникации. Увеличение спектральной эффективности систем квантовой коммуникации. Разработка квантовых повторителей. Повышение эффективности источников и приёмников одиночных фотонов. Разработка методов борьбы с атаками на квантовый канал, использующие несовершенство устройств (квантовый взлом, quantum hacking).
1.5	Квантовые коммуникации в свободном пространстве и в космосе	Первый эксперимент по передаче квантовых ключей через атмосферный канал связи. Квантовая коммуникация по атмосферному каналу связи в условиях прямой видимости. Передача запутанных фотонных пар по атмосферному каналу связи на 144 км. Квантовая коммуникация между движущимся и наземным объектами. Квантовая коммуникация между наземными и низкоорбитальными летательными объектами. Квантовая коммуникация с использованием фотонов, обладающих орбитальным угловым моментом
2. Практические занятия		
2.1	Протоколы квантового распределения ключа	Обзор основных протоколов КРК. Протокол BB84 с поляризационным кодированием (пример)
2.2	Квантовые коммуникации по ВОЛС	Концепция квантовой сети. Мультиплексирование в системах квантовой коммуникации. Квантовые коммуникации и передача данных по одному каналу. Квантовые повторители.
2.3	Актуальные задачи развития систем квантового распределения ключа.	Увеличение скорость и дальность систем квантовой коммуникации. Увеличение спектральной эффективности систем квантовой коммуникации. Разработка квантовых повторителей. Повышение эффективности источников и приёмников одиночных фотонов. Разработка методов борьбы с атаками на квантовый канал, использующие несовершенство устройств (квантовый взлом, quantum hacking).
2.4	Квантовые коммуникации в свободном пространстве и в космосе	Первый эксперимент по передаче квантовых ключей через атмосферный канал связи. Квантовая коммуникация по атмосферному каналу связи в условиях прямой видимости. Передача запутанных фотонных пар по атмосферному каналу связи на 144 км. Квантовая коммуникация между движущимся и наземным объектами. Квантовая коммуникация между наземными и низкоорбитальными летательными объектами. Квантовая коммуникация с использованием фотонов, обладающих орбитальным угловым моментом

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)					
		Лекции	Практ.	Лаб.	СРС	Контроль	Всего
1.	Введение	4			4		
2.	Протоколы квантового распределения ключа	8	6		20		
3.	Квантовые коммуникации по ВОЛС	8	6		20		
4.	Актуальные задачи развития систем квантового распределения ключа.	8	6		20		
5.	Квантовые коммуникации в свободном пространстве и в космосе	8	6		20		
	Итого	36	24		84	36	180

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

- Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.
- Работа с текстом конспекта лекции.
- Подготовка к лабораторным занятиям, составление отчетов.
- Подготовка докладов.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

Список литературы

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Основы квантовой коммуникации : учебное пособие / А. В. Козубов, А. А. Гайдаш, С. М. Кынев [и др.]. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2019 — Часть 1 — 2019. — 85 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/174699 (дата обращения: 27.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2.	Мардоян Л., Погосян Г., Сисакян А. - Квантовые системы со скрытой симметрией. Межбазисные разложения - Издательство "Физматлит" - 2006 - 240с. - ISBN: 5-9221-0688-0 - Текст электронный // ЭБС ЛАНЬ - URL: https://e.lanbook.com/book/59425
3.	Хренников А.Ю. - Введение в квантовую теорию информации - Издательство "Физматлит" - 2008 - 284с. - ISBN: 978-5-9221-0951-2 - Текст электронный // ЭБС ЛАНЬ - URL: https://e.lanbook.com/book/217
4.	Квантовые системы, каналы, информация, Холево, А. С., 2010

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Ресурсы Интернет
5.	Электронный каталог ЗНБ ВГУ https://www.lib.vsu.ru/
6.	ЭБС "Издательства "Лань" https://e.lanbook.com
7.	ЭБС "Университетская библиотека online" https://biblioclub.lib.vsu.ru
8.	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" https://rucont.ru

16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Учебно-методические указания к лабораторным занятиям дисциплины "Квантовые коммуникации".
2	Электронный учебный курс "Квантовые коммуникации".
3	Квантовые коммуникации. Часть 1. Изучение квантовых явлений: лабораторный практикум /А.М.Былина, А.И. Андрюнин, А.В. Фраз; СПбГУТ. – Санкт-Петербург, 2022, - 62 с. https://reader.lanbook.com/book/279344#1

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекционные и практические занятия. Преобладающими методами и приемам обучения являются: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ – демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Организационная структура лекционного занятия: 1. Формулировка темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса. 2. Разъяснение вопросов теоретического и практического плана для решения поставленной проблемы. 3. Рассмотрение путей решения проблемного вопроса на конкретных примерах. 4. Заключение, формулировка выводов. 5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.

Текущий контроль проводится путем проверки выполнения домашнего задания, входного контроля (в виде самостоятельных и контрольных работ, докладов и рефератов).

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Аудитория для лекционных занятий, оснащенная ноутбуком Asus, с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ, проектором BenQ MS 612ST, доска магнитно-маркерная 100*200.

Программное обеспечение: ОС Windows (WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc), Microsoft Office (OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc). Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ». Office Standard 2019 Single OLV NL Each AcademicEdition Additional Product. Программный комплекс для ЭВМ - MathWorks. Система инженерного моделирования ANSYS HF Academic Research.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (<https://edu.vsu.ru>).

19. Фонд оценочных средств:

19.1 Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-2.1. Уточняет и корректирует требования к параметрам разрабатываемого опто-электронного прибора	<p>Знать: требования к параметрам разрабатываемого опто-электронного прибора.</p> <p>Уметь: уточнять и корректировать требования к параметрам разрабатываемого опто-электронного прибора.</p> <p>Владеть: навыками планирования корректировки требований к параметрам разрабатываемого опто-электронного прибора.</p>	Разделы 1.1-1.5	
ПК-2.2. Согласовывает технические требования к параметрам разрабатываемого изделия и прибора, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации	<p>Знать: технические требования к параметрам разрабатываемого изделия и прибора, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации.</p> <p>Уметь: согласовывать технические требования к параметрам разрабатываемого изделия и прибора, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации.</p> <p>Владеть: навыками согласования технических требований к параметрам разрабатываемого изделия и прибора, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации.</p>		

<p>ПК-2.3. Проводит поиск научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору</p>	<p>Знать: принципы поиска научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору. Уметь: проводить поиск научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору. Владеть: навыками поиска научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору.</p>		
<p>ПК-2.4. Производит анализ исходных требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора</p>	<p>Знать: исходные требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора. Уметь: проводить анализ исходных требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора. Владеть: навыками анализа исходных требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора.</p>		
<p>ПК-3.1. Разрабатывает конструкторскую документацию на оптические, оптико-электронные, механические блоки, узлы и детали в соответствии с требованиями технического задания, стандартов и технологичности</p>	<p>Знать: конструкторскую документацию на оптические, оптико-электронные, механические блоки, узлы и детали в соответствии с требованиями технического задания, стандартов и технологичности. Уметь: разрабатывать конструкторскую документацию на оптические, оптико-электронные, механические блоки, узлы и детали в соответствии с требованиями технического задания, стандартов и технологичности. Владеть: навыками разработки конструкторской документации на оптические, оптико-электронные, механические блоки, узлы и детали в соответствии с требованиями технического задания, стандартов и технологичности.</p>		
<p>ПК-3.2. Разрабатывает документацию по обеспечению качества, надежности и безопасности на всех этапах жизненного цикла оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов</p>	<p>Знать: документацию по обеспечению качества, надежности и безопасности на всех этапах жизненного цикла оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. Уметь: разрабатывать документацию по обеспечению качества, надежности и безопасности на всех этапах жизненного цикла оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. Владеть: навыками разработки документации по обеспечению качества, надежности и безопасности на всех этапах жизненного цикла оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов</p>		

<p>ПК-3.3. Согласовывает разрабатываемую проектную конструкторскую, рабочую конструкторскую документацию</p>	<p>Знать: разрабатываемую проектную конструкторскую, рабочую конструкторскую документацию. Уметь: согласовывать разрабатываемую проектную конструкторскую, рабочую конструкторскую документацию. Владеть: навыками согласования разрабатываемой документации.</p>		
<p>ПК-3.4. Разрабатывает эксплуатационно-техническую документацию на оптико-электронные приборы и комплексы</p>	<p>Знать: эксплуатационно-техническую документацию на оптико-электронные приборы и комплексы. Уметь: разрабатывать эксплуатационно-техническую документацию на оптико-электронные приборы и комплексы. Владеть: навыками разработки эксплуатационно-технической документацию.</p>		
<p>ПК-3.5. Разрабатывает функциональные и структурные схемы оптоэлектронных приборов и комплексов с определением физических принципов действия устройств, их структур и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы</p>	<p>Знать: функциональные и структурные схемы оптоэлектронных приборов и комплексов. Уметь: разрабатывать функциональные и структурные схемы оптоэлектронных приборов и комплексов с определением физических принципов действия устройств, их структур и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы. Владеть: навыками определения физических принципов действия устройств, их структур и установления технических требований.</p>		
<p>ПК-3.6. Разрабатывает технические задания на проектирование и конструирование оптоэлектронных приборов и комплексов</p>	<p>Знать: принципы разработки технического задания на проектирование и конструирование оптоэлектронных приборов и комплексов. Уметь: разрабатывать технические задания на проектирование и конструирование оптоэлектронных приборов и комплексов. Владеть: навыками разработки технического задания на проектирование и конструирование оптоэлектронных приборов и комплексов</p>		
<p>Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен</p>			<p>КИМ</p>

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение описывать основные характеристики спектральных приборов;
- 4) владение знаниями о теоретических основах и современных методах молекулярной спектроскопии.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Посещение лекционных занятий. Ответ на вопрос контрольно-измерительного материала во время зачета. Ответы на дополнительные вопросы. Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному (двум) из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Недостаточно продемонстрировано теоретических основ дисциплины.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум(трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Имеет не полное представление о теоретических основах., допускает существенные ошибки.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i>	<i>–</i>	<i>Неудовлетворительно</i>

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

1. Проблемы распределения ключей для современной защиты информации.
2. Основные принципы квантового распределения ключей. Системы квантового распределения ключа.
3. Обзор основных протоколов КРК. Протокол BB84 с поляризационным кодированием (пример).
4. Концепция квантовой сети. Мультиплексирование в системах квантовой коммуникации.
5. Квантовые коммуникации и передача данных по одному каналу.
6. Квантовые повторители.
7. Увеличение скорости и дальности систем квантовой коммуникации.
8. Увеличение спектральной эффективности систем квантовой коммуникации.
9. Разработка квантовых повторителей.
10. Повышение эффективности источников и приёмников одиночных фотонов.
11. Методы борьбы с атаками на квантовый канал, использующие несовершенство устройств (квантовый взлом, quantum hacking).
12. Первый эксперимент по передаче квантовых ключей через атмосферный канал связи.
13. Квантовая коммуникация по атмосферному каналу связи в условиях прямой видимости.
14. Передача запутанных фотонных пар по атмосферному каналу связи на 144 км.
15. Квантовая коммуникация между движущимся и наземным объектами.
16. Квантовая коммуникация между наземными и низкоорбитальными летательными объектами.
17. Квантовая коммуникация с использованием фотонов, обладающих орбитальным угловым моментом

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); тестирования; оценки результатов практической деятельности. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используется качественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены выше.

Программа рекомендована НМС физического факультета ВГУ

(наименование факультета, структурного подразделения)

протокол № 6 от 24.06.2021 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление/специальность 12.03.03 – Фотоника и оптоинформатика

шифр и наименование направления/специальности

Дисциплина Б1.В.ДВ.06.01 Квантовые коммуникации

код и наименование дисциплины

2. Профиль подготовки/специализации:

Фотоника и оптоинформатика

в соответствии с Учебным планом

Форма обучения очная

Учебный год 2024 / 2025

Ответственный исполнитель

зав. каф. оптики и спектроскопии _____ Овчинников О.В. _____. 2021

должность, подразделение

подпись

расшифровка подписи

Исполнители

доц. каф. оптики и спектроскопии _____ Смирнов М.С. _____. 2021

должность, подразделение

подпись

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО

Куратор ООП ВО

по направлению/ специальности _____ Леонова Л.Ю. _____. 2021

подпись

расшифровка подписи

Зав.отделом обслуживания ЗНБ _____ _____. 2021

подпись

расшифровка подписи

РЕКОМЕНДОВАНА НМС физического факультета

(наименование факультета, структурного подразделения)

Программа рекомендована НМС физического факультета ВГУ

(наименование факультета, структурного подразделения)

протокол № 6 от 24.06.2021 г.