

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 02.08.2023 12:37:58

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Лабораторный практикум по квантовой фотонике и криптографии

Закреплена за подразделением

Кафедра теоретической физики и квантовых технологий

Направление подготовки

03.04.02 ФИЗИКА

Профиль

Квантовое материаловедение

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 2

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

57

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	34	34	34	34
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*PhD, профессор, Макаров Вадим Викторович*

Рабочая программа

**Лабораторный практикум по квантовой фотонике и криптографии**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 03.04.02 ФИЗИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

03.04.02 ФИЗИКА, 03.04.02-МФ3-22-2.plx Квантовое материаловедение, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

03.04.02 ФИЗИКА, Квантовое материаловедение, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра теоретической физики и квантовых технологий**

Протокол от 22.06.2021 г., №11/21

Руководитель подразделения д.ф.-м.н. профессор Мухин С.И.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	дать студенту представление о современных приборах и технологических методах, развить у студентов навыки практической работы с приборами и устройствами квантовой обработки информации, основанными на фотонике; квантовой фотоники и криптографии.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.03
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Введение в современные квантовые технологии ч.1	
2.1.2	Математика квантовых технологий	
2.1.3	Нелинейная физика	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Нанофотоника	
2.2.2	Сверхпроводящие метаматериалы для сверхвысокочастотных и терагерцевых устройств	
2.2.3	Современные квантовые технологии в полупроводниковой электронике	
2.2.4	Физика жидкокристаллических мембран	
2.2.5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.6	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.7	Machine learning сложных систем и квантовой материи	
2.2.8	Методы диаграммной техники и континуального интегрирования	
2.2.9	Плазмоника и метаматериалы	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ПК-1: Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов научных исследований в области квантовой физики</b>
<b>Знать:</b>
ПК-1-31 методы расчета параметров и основных характеристик реализации квантовой криптографии, основы квантовой информации и квантовых вычислений
<b>ОПК-3: Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, проектировании и разработке, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-3-31 принципы поиска и анализа информации, требуемой для осуществлений научно-исследовательской деятельности, способы моделирования объектов и процессов
<b>ОПК-2: Способен в сфере своей профессиональной деятельности осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования, организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики, демонстрировать продвинутые навыки работы в лабораториях / мастерских, способность разрабатывать и проводить экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-2-31 методы и способы лабораторных исследований в области фотоники и квантовой криптографии
<b>ПК-1: Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов научных исследований в области квантовой физики</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У1 применять знания в области физико-математических и компьютерных наук для решения поставленной задачи
<b>ОПК-3: Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, проектировании и разработке, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-3-У1 самостоятельно проводить сбор данных, анализ и обобщение научно-технической информации, в том числе с применением новейших технологий

<b>ОПК-2: Способен в сфере своей профессиональной деятельности осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования, организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики, демонстрировать продвинутые навыки работы в лабораториях / мастерских, способность разрабатывать и проводить экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-2-У1 использовать современное приборно-вычислительное оснащение фотонной лаборатории, применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
<b>ПК-1: Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов научных исследований в области квантовой физики</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе
<b>ОПК-3: Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, проектировании и разработке, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-3-В1 навыками сбора, систематизации и обработки информации с использованием разных методов и источников информации
<b>ОПК-2: Способен в сфере своей профессиональной деятельности осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования, организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики, демонстрировать продвинутые навыки работы в лабораториях / мастерских, способность разрабатывать и проводить экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-2-В1 базовыми навыками исследований и работы в лаборатории

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Характеризация детектора одиночных фотонов</b>							
1.1	Характеризация детектора одиночных фотонов /Лек/	2	2	ОПК-3-31 ПК-1-31 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
1.2	Характеризация детектора одиночных фотонов /Лаб/	2	4	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			Р1,Р2
1.3	Характеризация детектора одиночных фотонов /Ср/	2	4	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
1.4	Характеризация детектора одиночных фотонов /Ср/	2	0	ОПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
	<b>Раздел 2. Настройка волоконно-оптического интерферометра и интерферометрия в однофотонном режиме</b>							

2.1	Настройка волоконно-оптического интерферометра и интерферометрия в однофотонном режиме /Лек/	2	3	ОПК-3-31 ПК-1-31 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
2.2	Настройка волоконно-оптического интерферометра и интерферометрия в однофотонном режиме /Лаб/	2	6	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			P1,P2
2.3	Настройка волоконно-оптического интерферометра и интерферометрия в однофотонном режиме /Ср/	2	4	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
2.4	Настройка волоконно-оптического интерферометра и интерферометрия в однофотонном режиме /Ср/	2	0	ОПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
<b>Раздел 3. Рефлектометрия со счетом фотонов и волоконно-оптический интерферометр с автокомпенсацией дрейфа</b>								
3.1	Рефлектометрия со счетом фотонов и волоконно-оптический интерферометр с автокомпенсацией дрейфа /Лек/	2	3	ОПК-3-31 ПК-1-31 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
3.2	Рефлектометрия со счетом фотонов и волоконно-оптический интерферометр с автокомпенсацией дрейфа /Лаб/	2	6	ОПК-2-У1 ОПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			P1,P2
3.3	Рефлектометрия со счетом фотонов и волоконно-оптический интерферометр с автокомпенсацией дрейфа /Ср/	2	4	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
3.4	Рефлектометрия со счетом фотонов и волоконно-оптический интерферометр с автокомпенсацией дрейфа /Ср/	2	0	ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
<b>Раздел 4. Квантовая передача ключа через волоконно-оптический канал связи</b>								
4.1	Квантовая передача ключа через волоконно-оптический канал связи /Лек/	2	3	ОПК-3-31 ПК-1-31 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
4.2	Квантовая передача ключа через волоконно-оптический канал связи /Лаб/	2	6	ОПК-2-У1 ОПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			P1,P2

4.3	Квантовая передача ключа через волоконно-оптический канал связи /Ср/	2	4	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
4.4	Квантовая передача ключа через волоконно-оптический канал связи /Ср/	2	0	ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
<b>Раздел 5. Квантовый оптический источник случайных чисел</b>								
5.1	Квантовый оптический источник случайных чисел /Лек/	2	3	ОПК-3-31 ПК-1-31 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
5.2	Квантовый оптический источник случайных чисел /Лаб/	2	9	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			P1,P2
5.3	Квантовый оптический источник случайных чисел /Ср/	2	6	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
5.4	Квантовый оптический источник случайных чисел /Ср/	2	7	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
<b>Раздел 6. Тестирование детектора одиночных фотонов на взломоустойчивость</b>								
6.1	Тестирование детектора одиночных фотонов на взломоустойчивость /Лек/	2	1	ОПК-3-31 ПК-1-31 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
6.2	Тестирование детектора одиночных фотонов на взломоустойчивость /Лаб/	2	3	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			P1,P2
6.3	Тестирование детектора одиночных фотонов на взломоустойчивость /Ср/	2	28	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
6.4	коллоквиум /Лек/	2	2	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			КМ1

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	коллоквиум	ОПК-3-31;ОПК-2-31;ПК-1-31	1 Характеризация детектора одиночных фотонов. 2 Настройка волоконно-оптического интерферометра и интерферометрия в однофотонном режиме. 3 Рефлектометрия со счетом фотонов и волоконно-оптический интерферометер с автокомпенсацией дрейфа. 4 Квантовая передача ключа через волоконно-оптический канал связи. 5 Квантовый оптический источник случайных чисел. 6 Тестирование детектора одиночных фотонов на взломоустойчивость.

<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Лабораторные работы	ОПК-3-У1;ОПК-3-В1;ПК-1-В1;ПК-1-У1;ОПК-2-В1;ОПК-2-У1	<p>Лабораторная работа 1. Измерение основных характеристик детектора одиночных фотонов на лавинном фотодиоде: эффективности детектирования, линейности и максимальной скорости счета, мертвого времени, послеимпульсов, джиттера. (ПК-1.1-31, ОПК-5.1-У1, ПК-1.1-У1, ОПК-5.1-В1, УК-9.2-В1, ПК-1.1-В1)</p> <p>Лабораторная работа 2. Получение интерференции света в волоконно-оптическом интерферометре. Стабилизация интерферометра. Эксперимент Юнга (интерференционная картина с одиночными фотонами). (ПК-1.1-31, УК-9.2-31, ОПК5.1-У1, ПК-1.1-У1, УК-9.2-У1, ОПК-5.1-В1, УК-9.2-В1, ПК-1.1-В1)</p> <p>Лабораторная работа 3. Промышленный рефлектометр для волоконно-оптических систем связи. Идентификация компонентов и измерение их характеристик по рефлектограмме. Переход в режим счета фотонов для увеличения чувствительности. (ПК-1.1-31, УК-9.2-31, ОПК-5.1-У1, ПК-1.1-У1, УК-9.2-У1, ОПК-5.1-В1, УК-9.2-В1, ПК-1.1-В1)</p> <p>Лабораторная работа 4. Настройка и запуск системы квантовой передачи ключа на автокомпенсационной волоконнооптической схеме. Проверка ее основных характеристик. (ПК-1.1-31, ОПК-5.1-У1, ПК-1.1-У1, УК-9.2-У1, ОПК-5.1-В1, ПК1.1-В1)</p> <p>Лабораторная работа 5. Настройка и запуск физического генератора случайности на фазе спонтанного излучения полупроводникового лазерного диода. Проверка корректности его режима работы, снятие и статистическое тестирование полученной выходной последовательности. (ПК-1.1-31, УК-9.2-31, ОПК-5.1-У1, ПК-1.1-У1, УК-9.2-У1, ОПК-5.1-В1, УК9.2-В1, ПК-1.1-В1)</p> <p>Лабораторная работа 6. Демонстрация ослепления однофотонного детектора одиночных фотонов на основе лавинного фотодиода и демонстрация классического управления им с помощью яркого света. Измерение его характеристик в режиме атаки на систему квантовой передачи ключа. Тестирование возможной контрмеры. (ПК-1.1-31, УК-9.2-31, ОПК-5.1-У1, ПК-1.1-У1, УК-9.2-У1, ОПК-5.1-В1, УК-9.2-В1, ПК-1.1-В1)</p>
P2	Контрольный опрос для получения допуска к лабораторной работе	ОПК-3-31;ОПК-2-31;ПК-1-31	<p>Примеры контрольных вопросов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назвать цели работы и возможные методы их достижения. (УК-9.2-В1, ОПК-5.1-В1)</li> <li>2. Нарисовать схему установки. (ПК-1.1-31)</li> <li>3. Объяснить принцип работы используемых приборов. (УК-9.2-31, УК-9.2-В1, ОПК-5.1-У1)</li> </ol>
<b>5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)</b>			
<p>Оценка по курсу ставится, как среднее арифметическое промежуточных зачетов за лабораторные работы и ответа на экзаменационный билет.</p> <p>Пример экзаменационного билета в Приложении.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Характеризация детектора одиночных фотонов.</li> <li>2. Квантовый оптический источник случайных чисел.</li> </ol>			

#### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Оценка по курсу ставится, как среднее арифметическое промежуточных зачетов за лабораторные работы и ответа на теоретических вопросы по курсу (экзаменационный билет).

«Отлично»

Обучающийся демонстрирует:

- глубокие знания содержания изученной дисциплины во взаимосвязи с другими дисциплинами;
- способность использовать теоретические знания при выполнении практических заданий;
- аргументированные, исчерпывающие ответы на все вопросы по билету, а также дополнительные вопросы экзаменатора;
- умение выполнять и обосновывать решение практических заданий высокого уровня сложности;
- наличие собственной обоснованной позиции по обсуждаемым вопросам;
- свободное использование в ответах на вопросы материалов рекомендованной основной и дополнительной литературы.

«Хорошо»

Обучающийся демонстрирует:

- знание основных терминов по содержанию изученной дисциплины;
- твердые знания теоретического материала;
- умение дать четкие ответы на поставленные вопросы;
- умение решать практические задания;
- владение основной литературой, рекомендованной программой дисциплины.

Допускаются незначительные неточности в ответах на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий

«Удовлетворительно»

Обучающийся демонстрирует:

- знания теоретического материала по изученной дисциплине;
- неполные ответы на основные вопросы, допуская ошибки в ответе; недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов;
- неточные ответы на дополнительные вопросы;
- умение выполнять практические задания без грубых ошибок;
- недостаточное владение литературой, рекомендованной программой дисциплины

«Неудовлетворительно»

Обучающийся демонстрирует:

- существенные пробелы в знаниях учебного материала;
- принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствие знаний и понимания основных терминов и определений;
- непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета;
- отсутствие навыка или существенные ошибки при выполнении практических заданий;
- незнание литературы, рекомендованной программой дисциплины

### 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

#### 6.1. Рекомендуемая литература

##### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Ильичев Е. В., Гринберг Я. С.	Квантовая информатика и квантовые биты на основе сверхпроводниковых джозефсоновских структур: учебник	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013
Л1.2	Лоудон Р., Скродцкий Г. В.	Квантовая теория света	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1976

##### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Блистанов А. А.	Кристаллы квантовой и нелинейной оптики: учебное пособие для студ. вузов спец. - 'Микроэлектроника и твердотельная электроника', 'Электроника и микроэлектроника'	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2007

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.2	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.	Т. 2: Теория поля	Библиотека МИСиС	, 1973

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.	Т.3: Квантовая механика. Нерелятивистская теория	Библиотека МИСиС	, 1989

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	N. Gisin et al. Quantum cryptography // Reviews of Modern Physics. 2002. Vol. 74. P. 145-195. Url: <a href="https://journals.aps.org/rmp/pdf/10.1103/RevModPhys.74.145">https://journals.aps.org/rmp/pdf/10.1103/RevModPhys.74.145</a> . Открытый доступ	<a href="https://journals.aps.org/rmp/pdf/10.1103/RevModPhys.74.145">https://journals.aps.org/rmp/pdf/10.1103/RevModPhys.74.145</a>
Э2	V. Scarani et al. The security of practical quantum key distribution // Review of Modern Physics. 2009. Vol. 81. P. 1301-1350. Url: <a href="https://journals.aps.org/rmp/pdf/10.1103/RevModPhys.81.1301">https://journals.aps.org/rmp/pdf/10.1103/RevModPhys.81.1301</a> . Открытый доступ	<a href="https://journals.aps.org/rmp/pdf/10.1103/RevModPhys.81.1301">https://journals.aps.org/rmp/pdf/10.1103/RevModPhys.81.1301</a>
Э3	Nielsen M., Chuang I. Quantum Computation and Quantum Information. -10th Anniversary edition. - Cambridge: Cambridge University Press, 2010. Url: <a href="http://mmrc.amss.cas.cn/tlb/201702/W020170224608149940643.pdf">http://mmrc.amss.cas.cn/tlb/201702/W020170224608149940643.pdf</a> . Открытый доступ	<a href="http://mmrc.amss.cas.cn/tlb/201702/W020170224608149940643.pdf">http://mmrc.amss.cas.cn/tlb/201702/W020170224608149940643.pdf</a>
Э4	F. Xu et al. Secure quantum key distribution with realistic devices // Review of Modern Physics. 2020. Vol. 92. P. 1-68 DOI: 10.1103/RevModPhys.92.025002. Url: <a href="https://arxiv.org/pdf/1903.09051.pdf">https://arxiv.org/pdf/1903.09051.pdf</a> . Открытый доступ	<a href="https://arxiv.org/pdf/1903.09051.pdf">https://arxiv.org/pdf/1903.09051.pdf</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.2	ESET NOD32 Antivirus
П.3	Win Pro 10 32-bit/64-bit

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И.2	— Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
И.3	Иностраные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.4	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.5	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
И.6	— наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.7	— научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>
И.8	

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Учебная аудитория	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест

Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
----------------------	--	--

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Для успешного овладения курсом, помимо посещения лабораторных занятий, студенты обязаны заниматься самостоятельно. Самостоятельная работа включает:

- изучение методического описания лабораторных работ и указанной научной литературы перед их выполнением, подготовка ответов на контрольные вопросы преподавателя;
- обработку и критический анализ данных, полученных в результате выполнения лабораторной работы, подготовку письменного отчёта к следующей неделе после её выполнения.

Лабораторный практикум хранится на кафедре в электронном виде и находится в приложении.