

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

Приложение 4  
к ОПОП ВО 01.04.04 ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА,  
профиль "Математические методы в искусственном интеллекте  
и анализе данных"

Рабочая программа дисциплины (модуля)

**Квантовые вычисления**

Закреплена за подразделением

Кафедра инженерной кибернетики

Направление подготовки

01.04.04 ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

Профиль

Математические методы в искусственном интеллекте и анализе данных

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 1

аудиторные занятия

34

курсовая работа 1

самостоятельная работа

74

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	9	9	9	9
Практические	25	25	25	25
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	74	74	74	74
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*ст.преп., Ширкин Сергей Владимирович*

Рабочая программа

**Квантовые вычисления**

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 01.04.04 ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

01.04.04 Прикладная математика, 01.04.04-МПИМ-24-1.plx Математические методы в искусственном интеллекте и анализе данных, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5- 23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

01.04.04 Прикладная математика, Математические методы в искусственном интеллекте и анализе данных, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра инженерной кибернетики**

Протокол от 20.06.2023 г., №11

Руководитель подразделения Ефимов А.Р.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ	
1.1	Цели освоения дисциплины "Квантовые вычисления" - понимать основные принципы квантовых вычислений, работу многокубитных схем квантовых компьютеров, физические и математические основы квантовых алгоритмов, а также их конкретные примеры: задачу Дойча, алгоритмы Саймона, Гровера, Шора. Студенты разберут методы исправления ошибок в квантовом компьютере (код Шора, коды Кальдербанка-Шора-Стина). Немаловажная часть курса - написание программ для квантовых симуляторов и реальных квантовых компьютеров в облачных сервисах с использованием библиотек Python: Qiskit, PennyLane.

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
	Блок ОП: Б1.В.ДВ.03
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Алгоритмизация и программирование
2.2.2	Искусственный интеллект в задачах распознавания образов
2.2.3	Методы анализа и обработки естественного языка
2.2.4	Методы машинного обучения
2.2.5	Научно-исследовательская практика
2.2.6	Производственная практика
2.2.7	Современные интеллектуальные сетевые сервисы
2.2.8	Блокчейн - технологии
2.2.9	Интеллектуальные автономные и мультиагентные системы
2.2.10	Искусственный интеллект в компьютерных играх
2.2.11	Искусственный интеллект в медицине
2.2.12	Искусственный интеллект в финансовых технологиях
2.2.13	Машинное обучение и методология DevOps при разработке систем искусственного интеллекта
2.2.14	Научно-исследовательская работа
2.2.15	Системный подход и генерация знаний в инновациях
2.2.16	Современные устройства центров обработки больших данных
2.2.17	Экспертные и рекомендательные, информационно-аналитические системы
2.2.18	Методы искусственного интеллекта в робототехнических системах
2.2.19	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.20	Преддипломная практика
2.2.21	Философия, методология и современные тренды искусственного интеллекта как науки

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ	
<b>ПК-3: Способен обеспечивать организационное и технологическое обеспечение кодирования на языках программирования в рамках выполнения работ и управлению работами по созданию (модификации) и сопровождению ИС.</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-3-31 Основные принципы работы квантовых компьютеров.	
<b>ОПК-1: Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области прикладной математики, на основе знаний фундаментальных наук, в междисциплинарных областях</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-1-31 Физические основы работы кубита.	
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий</b>	
<b>Уметь:</b>	
УК-1-У1 Создавать квантовые алгоритмы.	

<b>ПК-3: Способен обеспечивать организационное и технологическое обеспечение кодирования на языках программирования в рамках выполнения работ и управлению работами по созданию (модификации) и сопровождению ИС.</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-B1 Основные методы исправления квантовых ошибок.
<b>ОПК-1: Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области прикладной математики, на основе знаний фундаментальных наук, в междисциплинарных областях</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-B1 Обнаружение квантовых ошибок.
<b>ОПК-3: Способен проектировать и разрабатывать наукоемкое программное обеспечение для автоматизации систем и процессов в условиях неопределенности и альтернативных решений в рамках междисциплинарных областей, а также развивать информационно-коммуникационные технологии</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-3-B1 Работа с библиотеками Python для квантовых вычислений: Qiskit, PennyLane.

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. Введение в квантовые технологии. Кубит. Суперпозиция</b>							
1.1	Введение в квантовые технологии. Кубит. Суперпозиция /Лек/	1	4	ОПК-1-31	Л1.1 Э1 Э2 Э3		КМ1	Р3
1.2	Самостоятельная работа по материалам лекций /Ср/	1	10	ОПК-1-31	Л1.1 Э1 Э2 Э3		КМ1	Р3,Р4
	<b>Раздел 2. Сфера Блоха. Многокубитные системы</b>							
2.1	Сфера Блоха. Многокубитные системы /Лек/	1	3	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3		КМ1	Р1
2.2	Самостоятельная работа по материалам лекций /Ср/	1	8	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3		КМ1	Р1
	<b>Раздел 3. Квантовая телепортация. Знакомство с</b>							
3.1	Квантовая телепортация. Знакомство с библиотекой Qiskit /Пр/	1	6	УК-1-У1 ОПК-3-В1	Л1.1 Л1.2		КМ2	Р2
3.2	Самостоятельная работа по программированию на Qiskit /Ср/	1	10	УК-1-У1 ОПК-3-В1	Л1.1 Л1.2		КМ2	Р3
	<b>Раздел 4. Задача Дойча. Реализация с помощью библиотеки PennyLane</b>							
4.1	Задача Дойча /Пр/	1	4	УК-1-У1 ОПК-3-В1	Л1.2 Э1		КМ1	Р1
4.2	Самостоятельная работа по реализации задачи Дойча с помощью библиотеки PennyLane /Ср/	1	10	УК-1-У1 ОПК-3-В1	Л1.2 Э1 Э2 Э3		КМ2	Р3
	<b>Раздел 5. Алгоритм Саймона</b>							
5.1	Алгоритм Саймона /Пр/	1	4	УК-1-У1 ОПК-3-В1	Л1.1 Э1 Э2 Э3		КМ1	Р1
5.2	Самостоятельная работа по реализации алгоритма Саймона с помощью библиотеки Qiskit /Ср/	1	6	УК-1-У1 ОПК-3-В1	Л1.1 Э1 Э2 Э3		КМ2	Р3

	<b>Раздел 6. Алгоритм Гровера. Реализация на PennyLane</b>							
6.1	Алгоритм Гровера /Пр/	1	4	УК-1-У1 ОПК-3-В1	Л1.1 Э1 Э2 Э3		КМ1	Р1
6.2	Самостоятельная работа по реализации алгоритма Гровера на PennyLane /Ср/	1	12	УК-1-У1 ОПК-3-В1	Л1.1 Э1 Э2 Э3		КМ2	Р3
	<b>Раздел 7. Алгоритм Шора</b>							
7.1	Алгоритм Шора /Пр/	1	7	УК-1-У1 ОПК-3-В1	Л1.1		КМ1	Р1
7.2	Самостоятельная работа по алгоритму Шора /Ср/	1	12	УК-1-У1 ОПК-3-В1	Л1.1		КМ2	Р3
	<b>Раздел 8. Квантовая коррекция ошибок</b>							
8.1	Квантовая коррекция ошибок /Лек/	1	2	ПК-3-В1 ОПК-1-В1	Л1.1		КМ2	Р2
8.2	Самостоятельная работа по квантовой коррекции ошибок /Ср/	1	6	ПК-3-В1 ОПК-1-В1	Л1.1		КМ2	Р2

### 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	Контрольная работа 1	ПК-3-31;ОПК-1-31	<p>1. Известно, что кубит находится в суперпозиции, причем вероятность получить 1 после измерения равна 0.36. Какие значения может иметь амплитуда состояния 0 (до измерения)?</p> <p>2. Запишите состояние <math>010</math> в виде вектора-столбца.</p> <p>3. К кубиту, находящемуся в состоянии 0, применили оператор X, а затем Z. Какое состояние кубита будет получено?</p> <p>4. Каковы вероятности получения 0 и 1 после измерения кубита из предыдущего задания (после применения операторов).</p> <p>5. Если к кубиту в состоянии 0 применить операторы как в задании 3, но в обратном порядке, будет ли получено то же состояние, что и в задании 3?</p> <p>6. Используя какие-либо матрицы Паули, получите состояние <math>i1</math>.</p> <p>7. К двухкубитной системе в первоначальном состоянии <math>00</math> к первому кубиту применен оператор X, а ко второму - оператор Z. Произведите расчеты для получения итогового состояния с использованием матриц и векторов.</p> <p>8. В приборе Штерна-Герлаха создается неоднородное магнитное поле. Посмотрите на его схему в лекции 1 и напишите, куда вероятнее всего (верх или вниз) направится атом серебра, в котором "южный" полюс внешнего электрона вверх, а "северный" вниз? Напишите краткое обоснование ответа.</p>

КМ2	Контрольная работа 2	ОПК-3-В1;УК-1-У1	<p>1. Представьте число <math>3 + 2i</math> в показательной и тригонометрической форме.</p> <p>2. Для состояния кубита с произвольными комплексными коэффициентами при состояниях нормируйте амплитуды, а затем избавьтесь от мнимой части в амплитуде при состоянии 0. Полученное состояние должно быть равно исходному состоянию с точностью до фазы.</p> <p>3. Используя библиотеку Qiskit, создайте 4 состояния Белла.</p> <p>4. Нарисуйте схему квантовой телепортации для случая, когда состояние кубита телепортируется внутри одной квантовой схемы (без классических каналов передачи информации).</p> <p>5. С помощью библиотек Qiskit создайте схемы для операторов классической логики: И, НЕ, ИЛИ, Исключающее ИЛИ. При создании этих операторов используйте вспомогательные кубиты.</p>
<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	Практическая работа 1	ОПК-3-В1	Запрограммировать один из алгоритмов: алгоритм Дойча, Гровера, Саймона с помощью библиотек Qiskit и/или PennyLane.
P2	Практическая работа 2	ПК-3-В1;ОПК-1-В1	Реализовать один из кодов исправления квантовых ошибок с помощью библиотеки Qiskit
P3	Подготовка к занятиям и контрольным мероприятиям	УК-1-У1;ПК-3-31;ПК-3-В1;ОПК-3-В1;ОПК-1-31;ОПК-1-В1	<p>Учащийся осуществляет самостоятельную подготовку к лекциям, лабораторным работам, контрольным работам, защите результатов курсовой работы и зачёты по учебной дисциплине.</p> <p>Подготовка включает в себя:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- посещение консультаций преподавателя,</li> <li>- изучение лекционного материала,</li> <li>- просмотр видеозаписей прошедших занятий,</li> <li>- изучение методических пособий,</li> <li>- работа с рекомендуемыми электронными цифровыми интернет-ресурсами, базами данных, поисковыми системами.</li> </ul>
P4	Курсовая работа	УК-1-У1;ПК-3-31;ПК-3-В1;ОПК-3-В1;ОПК-1-31;ОПК-1-В1	<p>Задачи работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучить основные принципы и понятия, связанные с квантовыми вычислениями, такие как кубиты, квантовые вентили, суперпозиция и квантовые алгоритмы.</li> <li>2. Рассмотреть достижения и прорывы в области квантовых вычислений, например, разработку квантовых чипов и квантовые алгоритмы, которые показывают преимущества перед классическими алгоритмами.</li> <li>3. Изучить примеры практического применения квантовых вычислений, такие как криптография, оптимизация, моделирование молекул и машинное обучение.</li> <li>4. Проанализировать особенности и ограничения квантовых вычислений, такие как квантовые ошибки, декогеренция и сложность программирования квантовых алгоритмов.</li> <li>5. Провести обзор существующих квантовых компьютерных систем и языков программирования, используемых в квантовых вычислениях.</li> <li>6. Предложить исследовательскую или практическую задачу, связанную с квантовыми вычислениями, и описать методы ее решения с использованием квантовых алгоритмов и инструментов.</li> </ol> <p>Ожидаемые результаты:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понимание основных принципов квантовых вычислений и преимуществ перед классическими методами.</li> <li>2. Обзор существующих приложений квантовых вычислений и их использование в практических задачах.</li> <li>3. Анализ особенностей и ограничений квантовых вычислений.</li> <li>4. Интерпретация результатов проведенного исследования и предложение рекомендаций для их дальнейшего применения.</li> </ol> <p>Объем работы: 20-25 страниц.</p>

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзамен по дисциплине не предусмотрен.

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

Формой промежуточной аттестации по дисциплине является зачет с оценкой.

Оценка студента формируется как среднеарифметическая по контрольным и практическим работам.

Шкала оценивания включает 4 уровня с оценками: отлично; хорошо; удовлетворительно; неудовлетворительно.

Критерии.

#### 1) Оценка "отлично"

Даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы, правильно и рационально решены практические задачи; при ответах выделялось главное, все теоретические положения правильно связаны с требованиями. Ответы были четкими, краткими, по существу вопроса и/или проблемы и излагались в логической последовательности. Продemonстрировано умение самостоятельно анализировать факты, события, явления, процессы в их взаимосвязи и развитии.

#### 2) Оценка - "хорошо".

Даны полные, достаточно обоснованные ответы на поставленные вопросы, правильно решены практические задания; при ответах не всегда выделялось главное (суть), отдельные положения не полностью связаны с требованиями к заданиям и вопросам, при решении практических задач не всегда использовались рациональные методики расчётов; ответы в основном были краткими, но не всегда четкими.

#### 3) Оценка - "удовлетворительно".

Даны в основном правильные ответы на все поставленные вопросы, но без должных полноты, глубины и обоснования. При решении практических задач учащийся использовал прежний опыт и не применял новые методики выполнения работы, но на уточняющие вопросы даны правильные ответы; при ответах не выделялось главное (суть) в раскрываемом вопросе; ответы были многословными, нечеткими и без должной логической последовательности; на отдельные дополнительные вопросы не даны положительные ответы. Наблюдаются путаница и непонимание терминов и понятий, которые не являются основными в предметной области.

#### 4) Оценка "неудовлетворительно".

Затрудняется при выполнении практических задач, в выполнении своей роли, работа проводится с опорой на преподавателя или других студентов. Не дано ни одного полностью верного ответа. В ответах не выделяется главное; ответы давались многословными; незнание или постоянная путаница в основной терминологии дисциплины; все ответы даются не по существу (смыслу) заданного вопроса и излагаются с нарушением логической последовательности в высказываниях.

Методика оценивания курсовой работы.

Каждая выполненная курсовая работа проходит процедуру защиты результатов.

На защиту учащийся представляет отчет по курсовой работе, в котором в установленной форме описывает поставленную задачу, ход её решения, полученные результаты, анализ их особенностей и выводы по работе. Если не оговорено особо, то отчет сдается преподавателю в электронной форме.

Критерии оценивания, применяемые на защите курсовой работы следующие.

«Отлично» - Задание на курсовую работу выполнено полностью. Замечаний по результатам курсовой работы нет.

Обучающийся глубоко и содержательно даёт ответ на каждый вопрос по работе, не допустив ошибок. Ответы носят развернутый и исчерпывающий характер. Учащийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

«Хорошо» - Задание на курсовую работу выполнено полностью, основные результаты работы верные. Обучающийся при защите в целом даёт верные ответы на вопросы, однако ответ хотя бы на один из них не носит развернутого и/или исчерпывающего характера. Показывает твердые и достаточно полные знания в объеме выполненного задания на курсовую работу. Имеют место незначительные ошибки при ответах на заданные вопросы. В целом учащийся правильно действует при демонстрации результатов, правильно применяет имеющиеся практические навыки, четко излагает материал.

«Удовлетворительно» - Задание на курсовую работу выполнено не менее чем на половину. Основные результаты работы верные. Допускаются незначительные неточности в дополнительных результатах работы. Обучающийся в целом дает корректные ответы на вопросы, но допускает более двух неточностей. Обучающийся фрагментарно раскрывает содержание заданных вопросов или их раскрывает содержательно, но допуская значительные неточности. Показывает знания в объеме выполненного задания на курсовую работу, ответы излагает с ошибками, но верно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике.

«Неудовлетворительно» - Задание на курсовую работу не выполнено, либо выполнено менее чем на половину, либо

основные результаты содержат ошибки (являются неверными). При защите работы учащийся не может объяснить хотя бы один из аспектов методики выполнения курсовой работы и/или дать содержательный анализ полученных результатов. Учащийся не знает ответов на заданные вопросы. Учащийся не знает основные понятия и определения, непосредственно связанные с предметной областью курсовой работы. Допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные или неверные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Шень А. Х., Вялый М. Н.	Классические и квантовые вычисления: курс: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2007
Л1.2	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

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

Э1	Сергей Ширкин - Задача Дойча (подробное объяснение)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=IsfwAc9gkP8">https://www.youtube.com/watch?v=IsfwAc9gkP8</a>
Э2	Azure Quantum - Учебные ресурсы по квантовым вычислениям	<a href="https://azure.microsoft.com/ru-ru/resources/training-and-certifications/quantum-computing/">https://azure.microsoft.com/ru-ru/resources/training-and-certifications/quantum-computing/</a>
Э3	Amazon Braket – полностью управляемый сервис квантовых вычислений, предназначенный для ускорения научных исследований и разработки программного обеспечения для квантовых вычислений.	<a href="https://aws.amazon.com/ru/braket/">https://aws.amazon.com/ru/braket/</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Python
П.2	ОС Linux (Ubuntu) / Windows
П.3	LMS Canvas
П.4	MS Teams
П.5	Moodle

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

И.1	Портал Электронная библиотека: диссертации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <a href="http://diss.rsl.ru/?menu=disscatalog/">http://diss.rsl.ru/?menu=disscatalog/</a>
И.2	Общероссийский математический портал Math-Net.Ru [Электронный ресурс] – Режим доступа: <a href="http://www.mathnet.ru/">http://www.mathnet.ru/</a>
И.3	Реферативная база данных по чистой и прикладной математике zbMATH. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a>
И.4	База данных MathSciNet - международный источник информации по математике и статистике. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <a href="https://mathscinet.ams.org/mathscinet/publications-search">https://mathscinet.ams.org/mathscinet/publications-search</a>
И.5	База данных IEEE/IEL. IEEE – это Institute of Electrical and Electronics Engineers — всемирная организация, объединяющая специалистов по радиоэлектронике, системам управления, компьютерной технике. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <a href="https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp">https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp</a>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Б-907	Учебная аудитория	1 стационарный компьютер , пакет лицензионных программ MS Office, комплект учебной мебели на 42 посадочных места , демонстрационное оборудование: доска , проектор мультимедийный x 2 , экран x 2 , колонки
Б-904а	Компьютерный класс	20 стационарных компьютеров , пакет лицензионных программ MS Office, демонстрационное оборудование: доска , проектор мультимедийный, экран , колонки, комплект учебной мебели



Читальный зал №3 (Б)	Аудитория для самостоятельной работы	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

1. Лекции по курсу "Квантовые вычисления" читаются в аудиториях и, одновременно, дистанционно в MS Teams.
2. Практические занятия проводятся в аудиториях кафедры инженерной кибернетики.
3. Для самостоятельной работы используется электронная обучающая система Canvas.
4. Консультации по курсу проводятся преподавателем по календарному плану графику в аудиториях кафедры, а также с использованием средств дистанционного общения электронной обучающей системы Canvas.
5. Текущий контроль проводится как в электронной форме на компьютерах в дисплейных классах кафедры с использованием электронной обучающей системы Canvas, так и в очной форме на занятиях в аудиториях кафедры. Для подготовки к контрольным мероприятиям студенту выдается перечень тем, по материалу которых будет контрольное мероприятие. Подготовить к контрольной работе студента возможно при консультациях в системе смешанного обучения Canvas и консультациях на очных занятиях.
6. Обучение организуется в соответствии с настоящей программой. Самостоятельная работа студентов организуется и контролируется с помощью электронных версий конспекта лекций и пособий с вопросами для самопроверки, а также индивидуального опроса студентов во время проведения практических работ, защиты заданий.
7. Для самостоятельной работы студентам предоставляются дисплейные классы библиотеки НИТУ МИСИС. В процессе самостоятельной работы студенты используют электронную обучающую систему Canvas, в которую помещены Лекции, практические работы с разобранными примерами решений, вопросы для самоподготовки, списки тем для контрольных мероприятий, а также рекомендации и методические руководства.