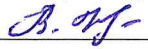


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 23

УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель образовательной программы  
доц., к.т.н.  
(должность, уч. степень, звание)

В.И. Казаков  
(инициалы, фамилия)  
  
(подпись)  
« 12 » 02 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Современные системы сбора и обработки квантовой информации»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	12.03.05
Наименование направления подготовки/ специальности	Лазерная техника и лазерные технологии
Наименование направленности	Лазерная техника и лазерные технологии
Форма обучения	очная
Год приема	2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.т.н.  
(должность, уч. степень, звание)

  
(подпись, дата)

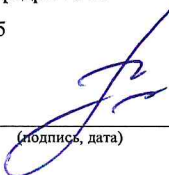
В.И. Казаков  
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 23

«17» февраля 2025 г, протокол № 6/25

Заведующий кафедрой № 23

д.т.н., проф.  
(уч. степень, звание)

  
(подпись, дата)

А.Р. Бестугин  
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

доц., к.т.н., доц.  
(должность, уч. степень, звание)

  
(подпись, дата)

Н.В. Марковская  
(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Современные системы сбора и обработки квантовой информации» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии» направленности «Лазерная техника и лазерные технологии». Дисциплина реализуется кафедрой «№23».

Дисциплина не является обязательной при освоении обучающимся образовательной программы и направлена на углубленное формирование следующих компетенций:

ПК-7 «Способен к участию в разработке технических требований и заданий на проектирование типовых схем приборов, узлов и деталей лазерной техники и лазерных опико- электронных приборов и систем»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением физических, алгоритмических и инженерных основ, лежащих в основе создания квантовых информационных систем. В рамках курса рассматриваются принципы работы квантовых регистров, квантовых каналов, технологии передачи и хранения информации с учётом квантовых эффектов. Особое внимание уделяется практическим аспектам построения и моделирования систем сбора и обработки квантовых данных, вопросам квантовой криптографии и устойчивости систем к ошибкам. Студенты знакомятся с современными архитектурами квантовых компьютеров и сетей, а также с методами работы с квантовой информацией на уровне алгоритмов и физической реализации.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, семинары, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский».

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

## 1.1. Цели преподавания дисциплины

**Цель дисциплины:** Формирование знаний и навыков в области архитектуры, принципов работы и современных методов реализации систем сбора, передачи и обработки квантовой информации.

### **Задачи дисциплины:**

Ознакомление с фундаментальными принципами квантовой информации и квантовых вычислений;

Изучение архитектур квантовых информационных систем;

Освоение методов сбора и хранения квантовых данных;

Формирование представлений о технологиях передачи и защиты квантовой информации;

Обучение моделированию и оценке характеристик квантовых каналов и устройств обработки данных.

1.2. Дисциплина является факультативной дисциплиной по направлению образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-7 Способен к участию в разработке технических требований и заданий на проектирование типовых схем приборов, узлов и деталей лазерной техники и лазерных опто-электронных приборов и систем	ПК-7.3.1 знать основные области применения лазерной техники и лазерных технологий; принципы построения и состав лазерных приборов и систем; принципы конструирования лазерных опто-электронных приборов, их узлов и элементов; оптические материалы и технологии; опасные и вредные эксплуатационные факторы, их предельно-допустимые уровни воздействия на человека, технику и окружающую среду при эксплуатации лазерных систем и технологий; методы работы с научно-технической литературой и информацией ПК-7.У.1 уметь анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемым оптическим узлам и элементам лазерных приборов и систем; определять, формулировать и обосновывать требования к разрабатываемым узлам и элементам лазерных приборов и систем; обосновывать предлагаемые технические решения при проектировании узлов и элементов лазерных приборов и систем с применением информационных ресурсов и технологий

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Квантовые технологии»
- «Квантовые вычисления»
- «Квантовые сенсоры»

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№8
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	2/ 72	2/ 72
<b>Из них часов практической подготовки</b>	10	10
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	20	20
в том числе:		
лекции (Л), (час)	10	10
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	10	10
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	52	52
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Зачет	Зачет

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 8					
Раздел 1. Основы квантовой информации и систем сбора данных					
Тема 1.1. Основы квантовой информации и квантовых состояний	1	1	-	-	6
Тема 1.2. Квантовые регистры и элементарные логические операции	1	1	-	-	6
Тема 1.3. Методы квантового измерения и извлечения информации	2	2	-	-	8
Тема 1.4. Квантовые интерфейсы и датчики в системах сбора данных	1	1	-	-	6
Раздел 2. Передача и обработка квантовой информации					

Тема 2.1. Квантовые каналы и линии связи	1	1	-	-	6
Тема 2.2. Квантовая память и хранение информации	1	1	-	-	6
Тема 2.3. Защита квантовой информации и коррекция ошибок	2	2	-	-	8
Тема 2.4. Моделирование квантовых информационных систем	1	1	-	-	6
Итого по дисциплине	10	10	0	0	52
Итого	10	10	0	0	52

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

#### 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	<p>Раздел 1. Основы квантовой информации и систем сбора данных</p> <p>Тема 1.1. Основы квантовой информации и квантовых состояний – суперпозиция, измерение, квантовые биты.</p> <p>Тема 1.2. Квантовые регистры и логические элементы – кубиты, гейты, универсальные элементы.</p> <p>Тема 1.3. Квантовое измерение – модели, коллапс, извлечение данных.</p> <p>Тема 1.4. Квантовые интерфейсы – взаимодействие сенсоров с регистрами.</p>
2	<p>Раздел 2. Передача и обработка квантовой информации</p> <p>Тема 2.1. Квантовые каналы – телепортация, квантовые линии, запутанность.</p> <p>Тема 2.2. Квантовая память – стабильность, время хранения, физические носители.</p> <p>Тема 2.3. Защита информации – коды коррекции ошибок, защита от декогеренции.</p> <p>Тема 2.4. Моделирование квантовых систем – подходы, примеры, архитектуры.</p>

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 8					
1	Математическое описание квантового бита и суперпозиции	Решение задач	1	1	1
2	Моделирование квантовых логических операций (NOT, CNOT, Hadamard)	Моделирование, анализ	1	1	1

3	Расчёт вероятностей результатов измерений	Численные расчёты	1	1	1
4	Проектирование схемы сбора данных с квантового датчика	Моделирование	1	1	1
5	Анализ передачи информации через квантовый канал	Расчёт, моделирование	1	1	2
6	Сравнение моделей квантовой памяти	Сравнительный анализ	1	1	2
7	Расчёт параметров квантового кода коррекции ошибок	Решение задач	2	2	2
8	Моделирование квантовой сети в Qiskit или QuTiP	Проект, моделирование	2	2	2
Всего			10		

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего				

4.4. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы  
Учебным планом не предусмотрено

4.5. Самостоятельная работа обучающихся  
Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 8, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	40	40
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	10	10
Домашнее задание (ДЗ)	5	5
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	7	7
Всего:	52	52

5. Перечень учебно-методического обеспечения  
для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)  
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в  
п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий  
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.  
Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
621.391 О-62	Оптические устройства в радиотехнике: учебное пособие / А. Ю. Гринев, К. П. Наумов, Л. Н. Пресленев и др.; Ред. В. Н. Ушаков. - М. : Радиотехника, 2005. - 240 с.	Студ. отдел (50) ФО (3)
530 П 76	Физические основы квантовых вычислений: практикум / С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения ; сост.: В. К. Прилипко, Ю. А. Новикова. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2016. - 39 с.	Студ. отдел (5) ГС (3)
53 П 76	Физические основы квантовых вычислений. Динамика кубита [Текст] : монография / В. К. Прилипко, И. И. Коваленко. - СПб. : Лань, 2019. - 214 с. : рис. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Загл. обл. : Магистратура. - Библиогр.: с. 20	ФО (4)
530 П 76	Физические основы квантовых вычислений : от битов к кубитам: учебное пособие / В. К. Прилипко, И. И. Коваленко ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2016. - 179 с.	Студ. отдел (4) ГС (3)
530.1 К 15	Кайе, Ф. Введение в квантовые вычисления / Ф. Кайе, Р. Лафлам, М. Моска ; пер. Т. С. Никитина ; ред. А. В. Анохин. - Ижевск : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика" 2009. - 346 с.	ФО (2)
530.1 Н 66	Нильсен, М. Квантовые вычисления и квантовая информация / М. Нильсен, И. Чанг ; пер.: М. Н. Вялый, П. М. Островский ; авт. предисл. К. А. Валиев. - М. : Мир, 2006. - 822 с.	ФО (6)

7. Перечень электронных образовательных ресурсов  
информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»  
Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины  
приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
<a href="http://lib.aanet.ru/">http://lib.aanet.ru/</a>	Доступ в ЭБС «Лань» осуществляется по договору № 25, 26, 27, от 31.01.2024 Доступ в ЭБС «ZNANIUM» осуществляется по договору № 058 от 27.02.2023 Доступ в ЭБС «ЮРАЙТ» осуществляется по договору № 257 от 29.05.2023
<a href="https://www.elibrary.ru/">https://www.elibrary.ru/</a>	Доступ в БД по договору SU-675/2024/746 от 27.12.2023 г.

## 8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

## 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	51-06-03
2	Специализированная лаборатория «Фотоники и квантовых технологий»	51-06-05

## 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Зачет	Список вопросов; Тесты



10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
-------	---	----------------

1.	Что такое квантовая суперпозиция и как она влияет на представление информации?	ПК-7.3.1
2.	Объясните принципы работы квантового регистра.	ПК-7.3.1
3.	Что такое кубит и чем он отличается от классического бита?	ПК-7.3.1
4.	Расскажите о логических квантовых элементах: Hadamard, CNOT, Pauli-X.	ПК-7.3.1
5.	В чём суть квантового измерения и коллапса волновой функции?	ПК-7.У.1
6.	Приведите примеры квантовых интерфейсов для сбора информации.	ПК-7.У.1
7.	Что такое квантовая телепортация и в чём её отличие от классической передачи данных?	ПК-7.3.1
8.	Опишите назначение квантовых каналов и их типы.	ПК-7.3.1
9.	Что такое квантовая память и какие требования к ней предъявляются?	ПК-7.3.1
10.	В чём заключается квантовая коррекция ошибок?	ПК-7.У.1
11.	Каковы основные источники ошибок в квантовых системах?	ПК-7.3.1
12.	Назовите наиболее известные алгоритмы обработки квантовой информации.	ПК-7.3.1
13.	Какие физические реализации кубитов вам известны?	ПК-7.3.1
14.	Чем отличается хранение информации в квантовой памяти от классической?	ПК-7.У.1
15.	Расскажите о перспективах развития квантовых информационных сетей.	ПК-7.У.1

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1.	Прочитайте вопрос и выберите один правильный вариант ответа:  Что такое кубит?  <ul style="list-style-type: none"> <li>• а) Элемент классической памяти</li> <li>• б) Двоичная переменная</li> <li>• в) Квантовый аналог бита, допускающий суперпозицию</li> <li>• г) Логический вентиль</li> </ul>	ПК-7.3.1
2.	Прочитайте вопрос и выберите один правильный вариант ответа:	ПК-7.3.1

	<p>Что делает Hadamard-гейт?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• а) Стирает данные</li><li>• б) Генерирует случайный бит</li><li>• с) Переводит кубит в суперпозицию</li><li>• d) Увеличивает частоту</li></ul>									
3.	<p>Прочитайте вопрос и выберите один правильный вариант ответа:</p> <p>Что выполняет CNOT-гейт?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• а) Умножение на константу</li><li>• б) Переворот целевого кубита при управлении</li><li>• с) Измерение состояния</li><li>• d) Выход из суперпозиции</li></ul>	ПК-7.3.1								
4.	<p>Прочитайте вопрос и выберите несколько правильных вариантов ответа:</p> <p>Какие характеристики важны для квантовой памяти?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <input type="checkbox"/> Время когерентности</li><li>• <input type="checkbox"/> Возможность многократного чтения</li><li>• <input type="checkbox"/> Размер ячейки</li><li>• <input type="checkbox"/> Минимальный уровень декогеренции</li><li>• <input type="checkbox"/> Работа в высоких температурах</li></ul>	ПК-7.3.1								
5.	<p>Установите соответствие между сенсорами и их принципом работы:</p> <table><thead><tr><th>Элемент</th><th>Назначение</th></tr></thead><tbody><tr><td>A. Hadamard</td><td>1. Создание суперпозиции</td></tr><tr><td>B. CNOT</td><td>2. Перепутывание двух кубитов</td></tr><tr><td>C. Pauli-X</td><td>3. Инверсия (аналог NOT)</td></tr></tbody></table>	Элемент	Назначение	A. Hadamard	1. Создание суперпозиции	B. CNOT	2. Перепутывание двух кубитов	C. Pauli-X	3. Инверсия (аналог NOT)	ПК-7.3.1
Элемент	Назначение									
A. Hadamard	1. Создание суперпозиции									
B. CNOT	2. Перепутывание двух кубитов									
C. Pauli-X	3. Инверсия (аналог NOT)									
6.	<p>Впишите недостающий термин в утверждении:</p> <p>Квантовая _____ позволяет передавать квантовое состояние между удалёнными системами.</p>	ПК-7.3.1								
7.	<p>Впишите недостающий термин в утверждении:</p> <p>Основной принцип коррекции квантовых ошибок — _____ кодирование</p>	ПК-7.3.1								
8.	<p>Дайте развернутый ответ с обоснованием:</p> <p>Объясните процесс извлечения информации из квантового регистра и его отличие от классического чтения</p>	ПК-7.3.1								
9.	<p>Дайте развернутый ответ с обоснованием:</p>	ПК-7.3.1								

	Приведите пример применения квантовой телепортации в распределённых вычислениях	
10.	<p>Дайте развернутый ответ с обоснованием:</p> <p>Как влияет декогеренция на надёжность хранения и передачи квантовой информации?</p>	ПК-7.3.1

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

### Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

### Структура предоставления лекционного материала:

Раздел 1. Основы квантовой информации и систем сбора данных

Тема 1.1. Основы квантовой информации и квантовых состояний

Квантовая система и состояние: вектор состояния, матрица плотности

Кубит: определение, геометрическая интерпретация (сфера Блоха)

Принцип суперпозиции  
Измерение и вероятностный характер результата  
Основные постулаты квантовой механики, применимые к информации

Тема 1.2. Квантовые регистры и логические элементы  
Многокубитные системы, тензорное произведение  
Квантовые регистры: структура и функции  
Однокубитные и двухкубитные гейты: Hadamard, Pauli-X, CNOT, SWAP  
Универсальные наборы гейтов  
Элементы квантовых схем, условные операции

Тема 1.3. Методы квантового измерения и извлечения информации  
Процедура измерения в квантовой механике  
Базисы измерения: computational, Bell и др.  
Измерение с разрушением и без разрушения состояния  
Коллапс волновой функции  
Вероятностный характер считывания и статистическая обработка

Тема 1.4. Квантовые интерфейсы и датчики в системах сбора данных  
Принципы квантово-классического интерфейса  
Оптические и сверхпроводниковые интерфейсы  
Связь квантовых сенсоров с регистрами хранения  
Примеры датчиков: фотонные, ионные, NV-центры  
Роль интерфейсов в квантовом сборе данных

Раздел 2. Передача и обработка квантовой информации

Тема 2.1. Квантовые каналы и линии связи  
Квантовые коммуникации и телепортация  
Протокол BB84, использование запутанных пар  
Параметры канала: пропускная способность, потери, шум  
Роль повторителей, проблемы масштабируемости  
Практические реализации (оптоволокно, спутники)

Тема 2.2. Квантовая память и хранение информации  
Требования к квантовой памяти: когерентность, время жизни  
Типы физических реализаций: ионы, атомы, сверхпроводники  
Структура квантовой памяти: запись, удержание, считывание  
Хранение и извлечение состояний суперпозиции  
Методы стабилизации

Тема 2.3. Защита квантовой информации и коррекция ошибок  
Проблема декогеренции  
Принципы квантовой коррекции ошибок: трикубитный код, код Шора  
Сравнение с классической коррекцией  
Физические и логические кубиты  
Роль топологических кодов и квантовой устойчивости

Тема 2.4. Моделирование квантовых информационных систем  
Обзор языков моделирования (Qiskit, Cirq, QuTiP)  
Построение схем квантовых вычислений  
Симуляция передачи по каналу с шумом  
Моделирование простейших сетей

## Интерпретация результатов и визуализация

### 11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

#### Требования к проведению практических занятий

Цель практических занятий – формирование у студентов навыков применения теоретических знаний на практике:

выполнения расчётов параметров квантовых информационных систем, анализа работы квантовых гейтов, регистров и каналов, моделирования схем сбора, хранения и передачи квантовой информации.

Форматы проведения:

решение задач на доске или в тетради (расчётная часть),  
выполнение индивидуальных и групповых заданий,  
моделирование в доступных инструментах (по согласованию),  
обсуждение результатов, разбор типовых ошибок и представление выводов.

Требования к организации:

занятия проводятся в аудитории, оснащённой компьютерами (или с возможностью использования личных ноутбуков),

при необходимости — доступ к интернету для запуска квантовых симуляторов в облаке,

использование презентационных материалов, шаблонов схем и справочных таблиц.

Оценка работы на занятии включает:

активность участия,  
корректность расчётов и логичность построения моделей,  
способность объяснить ход решения и защитить результат,  
оформление результатов в виде отчета или демонстрации модели (по заданию преподавателя).

### 11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

*Текущий контроль успеваемости проводится в форме тестирования*

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой