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

Кафедра № 3

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель направления

проф.,д.т.н.,проф.
(должность, уч. степень, звание)

А.В. Копыльцов
(инициалы, фамилия)

(подпись)
«24» июня 2021 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Квантовые вычисления»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	03.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Прикладные математика и физика
Наименование направленности	Прикладная физика опто- и нанотехнологий
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург– 2021

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц.,к.ф-м.н.,доц.	10.05.2021	В.К. Прилипко
(должность, уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 3

«26» мая 2021 г, протокол № 9

Заведующий кафедрой № 3

д.т.н.,проф.	31.05.2021	А.В. Копыльцов
(уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 03.03.01(01)

доц.,к.ф.-м.н.,доц.	31.05.2021	Ю.А. Новикова
(должность, уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института ФПТИ по методической работе

доц.,к.т.н.,доц.	31.05.2021	М.С. Смирнова
(должность, уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Квантовые вычисления» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 03.03.01 «Прикладные математика и физика» направленности «Прикладная физика опто- и нанотехнологий». Дисциплина реализуется кафедрой «№3».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций: общепрофессиональных компетенций

ПК-3 «Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проблемами квантовой физики и квантовой криптографии.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа студента, консультации.

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

-получение студентами необходимых знаний и навыков в области квантовой физики и квантовой криптографии;

-представление возможности студентам развить и продемонстрировать навыки в измерениях, вычислениях и обработке результатов измерений;

-создание поддерживающей образовательной среды преподавания для освоения технических дисциплин

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

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-3 Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций	ПК-3.З.1 знать методы планирования эксперимента; методы сбора и обработки данных при проведении исследований ПК-3.В.1 владеть навыками составления научных обзоров

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- Математика. Аналитическая геометрия и линейная алгебра;
- Математика. Математический анализ;
- Физика.

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин: − Квантовая электроника; − Физика лазеров.

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
		№7
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	3/ 108	3/ 108
Аудиторные занятия, всего час.	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
Самостоятельная работа, всего (час)	57	57
***Вид промежуточной аттестации*:** зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	диф.зач.	диф.зач.

Примечание: ** кандидатский экзамен

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

3.2 Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрены

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)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Предпосылки возникновения квантовой парадигмы вычислений	5	5			19

Раздел 2. Кубит, квантовые алгоритмы.	5	5			19
Раздел 3. Квантовая криптография	7	7			19
Итого в семестре:	17	17			57

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	Принцип Р. Ландауэра. Обратимые вычисления. Аксиомы квантовой механики. Математический аппарат векторов гильбертова пространства.
2	Кубит, одно- и двух-кубитовые схемы. Полный набор гейтов. Квантовые схемы: условные операции, создание запутанных состояний. Алгоритм Дойча. Квантовое преобразование Фурье
3	Протокол квантовой телепортации. Квантовое сжатие данных. Криптографические протоколы BB84 и B92 .

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 7					
1	Аксиомы квантовой механики.	Разбор примеров из курса физики	3	2	1
2	Математический аппарат векторов гильбертова пространства	Решение задач.	3	2	1

3	Кубит, одно- и двухкубитовые схемы.	Решение задач	2	1	2
4	Квантовые схемы: условные операции, создание запутанных состояний	Решение задач	2	1	2
5	Алгоритм Дойча. Квантовое преобразование Фурье.	Решение задач	3	1	2
6	Протокол квантовой телепортации. Квантовое сжатие данных.	Решение задач	2	1	3
7	Криптографические протоколы BB84 и B92	Решение задач	2	1	3
Всего			17	9	

4.4. **Лабораторные занятия**

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
Семестр 7				
	Учебным планом не предусмотрено			

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Проведение лабораторных работ

Учебным планом не предусмотрено

4.7. 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 7, час
1	2	3

Самостоятельная работа, всего	57	57
изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	30	30
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	27	27
Всего:	57	57

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)
530.1 Н 66	Квантовые вычисления и квантовая информация = Quantum computation and quantum information / М. Нильсен, И. Чанг ; пер.: М. Н. Вялый, П. М. Островский ; авт. предисл. К. А. Валиев. - М. : Мир, 2006. - 822 с.	6
e.lanbook.com/book/240920	Хидари, Д. Д. Квантовые вычисления. Прикладной подход / Д. Д. Хидари ; перевод с английского В. А. Яроцкого. — Москва : ДМК Пресс, 2021.	
e.lanbook.com/book/210398	Шпольский, Э. В. Атомная физика: учебник : в 2 томах / Э. В. Шпольский. - 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2020 - Том 1: Введение в атомную физику - 2020. - 560 с.	

e.lanbook.com/book/210401	Шпольский, Э. В. Атомная физика: учебник: в 2 томах / Э. В. Шпольский. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2020 — Том 2: Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома - 2020. - 448 с.	
https://e.lanbook.com/book/205985	Прилипко, В. К. Физические основы квантовых вычислений. Динамика кубита: монография / В. К. Прилипко, И. И. Коваленко. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 216 с.	

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

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

URL адрес	Наименование
(http://lib.aanet.ru/)	Библиотека ГУАП
https://quantumcomputing.ibm.com/	Облачный доступ к самым передовым доступным квантовым компьютерам. Компания IBM.

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
	Microsoft Windows, MS Visio, MS Project - № 5024789156 от 12.18.2017 Номер подписки Microsoft Imagine Premium: 1203679029Microsoft Office - № 809-3 от 04.07.17 . Номер лицензии Microsoft Office: 68710015AutoCAD R20.1.49.0.0 (лицензия: сетевая 563-59077482) Microsoft Visual Studio 2017 Community 15.0.26730.15 (лицензия: GPL)Dev-C++ 5 (лицензия: GPL)PascalABC.NET 3.3.0.1542 (лицензия: LGPL v3)Scilab 6.0.2 (лицензия: GPL)Umbrello UML Modeller 2.29.0 (лицензия: GPL)Oracle VM Virtual Box 5.1.28.17968 (лицензия: GPL v2)

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	Учебная аудитория для занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; набор демонстрационного оборудования.	196135, г. Санкт-Петербург, ул. Гастелло, д. 15, аудитория №32-01
2	Учебная аудитория для практических занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: Специализированная мебель; лабораторное оборудование: ПЭВМ - 19 шт., объединенных в локальную вычислительную сеть с выходом в вычислительную сеть ГУАП и Интернет.	196135, г. СанктПетербург, ул. Гастелло, д. 15, аудитория №22-08

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

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»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«хорошо» «зачтено»	– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.

«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

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 / дифференцированного зачета	Код индикатора
	Семестр 7	
1	Проблемы микроэлектроники	ПК-3
2	Принцип Ландауэра	ПК-3
3	Доказательство принципа Ландауэра	ПК-3
4	Прямое экспериментальное подтверждение принципа Ландауэра	ПК-3
5	Логическая необратимость	ПК-3
6	О возможности обратимых вычислений	ПК-3
7	Теорема Беннета	ПК-3
8	К вопросу о реализации обратимого компьютера	ПК-3
9	Гильбертово n-мерное пространство	ПК-3
10	Алгебра матриц	ПК-3
11	Обозначения Дирака	ПК-3

12	Линейные операторы	ПК-3
13	Матричное представление операторов	ПК-3
14	Представление операторов с использованием тензорного произведения	ПК-3
15	Функции операторов	ПК-3
16	Тензорное произведение пространств	ПК-3
17	Аксиомы квантовой механики	ПК-3
18	Составные системы. Аксиома об объединении систем	ПК-3
19	Квантовые компьютеры – универсальные квантовые моделирующие устройства	ПК-3
20	Можно ли моделировать квантовые системы вероятностным образом на классическом компьютере?	ПК-3
21	Эксперимент Алана Аспека с коррелированными фотонами. Неравенство Джона Белла	ПК-3
22	Квантовый компьютер Фейнмана	ПК-3
23	Кубит. Основные сведения	ПК-3
24	Составные системы	ПК-3
25	Запутанные состояния	ПК-3
26	Примеры составных систем	ПК-3
27	Измерение кубита	ПК-3
28	Смешанные состояния. Матрица плотности	ПК-3
29	Квантовые логические элементы – однокубитовый элемент	ПК-3
30	Двухкубитовый элемент. Условные операции	ПК-3
31	Универсальный набор квантовых элементов	ПК-3
32	Реализация измерений в квантовых схемах	ПК-3
33	Вероятностный и квантовый алгоритмы	ПК-3
34	Быстрые вычисления на квантовом компьютере. Алгоритм Дойча	ПК-3

35	Алгоритм Дойча – Джозса	ПК-3
36	Алгоритм Саймона	ПК-3
37	Алгоритм Гровера	ПК-3
38	Квантовая плотная кодировка	ПК-3
39	Протокол телепортации	ПК-3
40	Протокол квантовой криптографии BB84	ПК-3
41	Протокол квантовой криптографии B92	ПК-3
42	Классическое и квантовое пространства состояний системы. Дискретное представление классического пространства через биты бинарного разложения координат.	ПК-3.З.1
43	Конечномерные пространства квантовых состояний. Вектор состояния. Кубит.	ПК-3.З.1
44	Измерение квантового состояния. Правило Борна. Измерения в разных базисах. Процедура квантовой томографии на примере одного кубита.	ПК-3.З.1
45	Принцип неопределенности Бора-Гейзенберга на примере одного кубита. Операторы координаты, импульса, энергии, их эрмитовость. Их собственные состояния и собственные значения. Связь физических величин с эрмитовыми операторами.	ПК-3.З.1
46	Уравнение Шредингера. Унитарная динамика вектора состояния. Общее решение Задачи Коши для уравнения Шредингера через матричную экспоненту и через собственные состояния оператора энергии.	ПК-3.З.1
47	Композитные квантовые системы. Тензорные произведения пространств, состояний и операторов.	ПК-3.З.1
48	Матрица плотности Ландау чистого состояния и уравнение Шредингера для нее. Смешанные состояния. Частичные измерения. Получение смешанного состояния в результате частичного измерения. Дополнение смешанного состояния до чистого в расширенном пространстве.	ПК-3.З.1

49	Теорема Шмидта. SVD- разложение матриц. Энтропия Шеннона и фон Неймана. Энтропия двух-частичной запутанности.	ПК-3.З.1
50	Классические вычисления с оракулом, их сложность. Квантовый оракул. Квантовый алгоритм с оракулом. Квантовое вычисление. Гейты. Однокубитные, их общий вид, гейты Паули, CNOT. Реализация гейтов NOT и CNOT на зарядовых состояниях электронов в квантовых точках.	ПК-3.З.1
51	Алгоритм Гровера для задачи перебора. Квантовое ускорение вычислений.	ПК-3.З.1
52	Квантовое преобразование Фурье и его реализация в виде схемы Шора из квантовых гейтов.	ПК-3.З.1
53	Схема Абрамса-Ллойда поиска собственных частот.	ПК-3.З.1
54	Алгоритм Залки-Визнера решения уравнения Шредингера.	ПК-3.З.1
55	Конечномерные модели квантовой электродинамики. Приближение вращающейся волны.	ПК-3.З.1
56	Квантовые вычисления, устойчивые к ошибкам	ПК-3.З.1
57	Квантовая информация в квантовых каналах с шумом.	ПК-3.З.1
58	Квантовая криптография	ПК-3.З.1
59	Моделирование квантовых систем	ПК-3.З.1
60	Квантовый алгоритм поиска	ПК-3.З.1
61	Квантовый компьютер на оптических фотонах	ПК-3.З.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
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся зао обучения, представлены в таблице 19. Таблица 19 – Перечень контрольных ра

№ 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.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах. Учебным планом не предусмотрено.

11.3. 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 обучающимся 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.

<u>Требования к проведению практических занятий</u>

Практические занятия проводятся в виде обсуждения основных типов задач, связанных с теоретическими вопросами, рассматриваемыми в лекционном курсе и в виде разбора вопросов, которые могут возникнуть у студентов при освоении материала.

Методические указания по проведению практических занятий приведены в следующих пособиях, имеющихся в библиотеке ГУАП в напечатанном и электронном виде:

1. Прилипко, В.К. Физические основы квантовых вычислений. Динамика кубита : монография / В.К. Прилипко, И.И. Коваленко. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 216 с. — ISBN 978-5-8114-3383-4. — Текст : электронный // Электроннобиблиотечная система «Лань»
2. Шень, А.Х. Классические и квантовые вычисления/ : учебное пособие / А.Х. Шень, М.Н. Вялый. — 2-е изд. — Москва : ИНТУИТ, 2016. — 273 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань».

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

11.5. 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).

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы. Учебным планом не предусмотрено

11.7. 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).

11.8. 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.

11.9. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

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

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».
- 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».
- дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

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