

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)**

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной
программы

_____ М.Х. Хоконов

«___»_____ 202_ г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института физики и
математики

_____ Б.И. Кунижев

«___»_____ 202_ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«КВАНТОВЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ»

Направление подготовки (специальность)

03.04.02 - Физика

(код и наименование направления подготовки)

Магистерская программа

«Медицинская физика»

Квалификация (степень) выпускника

Магистр

Форма обучения

очная

Нальчик 2022

Рабочая программа дисциплины «Квантовые компьютеры» /
сост. д. ф.-м.н., проф. Хоконов М.Х. – Нальчик: ФГБОУ КБГУ, 2022. - 28 с.

Рабочая программа предназначена для преподавания дисциплины базовой части блока ФТД (факультатив) студентам очной формы обучения по направлению подготовки 03.04.02 Физика в 3 семестре магистратуры.

ФГОС3++ высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика (уровень магистратуры), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации 7 августа 2020 г. № 914, зарегистрировано в Минюсте России 19 августа 2020 г. № 59329.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Цели и задачи освоения дисциплины	4
2.	Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО	4
3.	Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	4
4.	Содержание и структура дисциплины (модуля)	5
5.	Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации	9
6.	Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности	14
7.	Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)	17
7.1.	<i>Основная литература</i>	17
7.2.	<i>Дополнительная литература</i>	17
7.3.	<i>Интернет-ресурсы</i>	17
7.4.	<i>Периодические издания (газета, вестник, бюллетень, журнал)</i>	19
7.5.	<i>Методические указания по проведению различных учебных занятий, к курсовому проектированию и другим видам самостоятельной работы</i>	20
8.	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	24
9.	Приложения	26

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цели: Подготовить студента к самостоятельной научно-инновационной деятельности в области новых вычислительных технологий, для чего сформировать у студентов правильные представления о достижениях и нерешённых задачах современных квантовых вычислительных систем и принципах их работы. Дисциплина рассчитана на студентов, изучавших традиционные компьютерные технологии

Задачи изучения дисциплины:

- овладеть современной методологией и принципов вычислений на квантовых компьютерах;
- сформировать у студентов современные представления о принципах работы квантовых компьютеров.
- ознакомить студентов с основными понятиями физики квантовых вычислений;
- научить студентов практическому использованию полученных знаний и навыков.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

Дисциплина «Квантовые компьютеры» является факультативной дисциплиной по направлению подготовки 03.04.02 Физика магистратуры в рамках магистерской программы "Медицинская физика".

Дисциплина «Квантовые компьютеры» входит в блок факультативных дисциплин учебного плана, составленного согласно ФГОС по указанному направлению подготовки студента. На курс отводится 3 з.е. в 3 семестре которые реализуются в соответствии с Таблицей 1.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО 3++ и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности):

Профессиональные компетенции

ПКС-1: Способен формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития физики и медицинской физики, обоснованно выбирать и использовать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач.

ПКС-4: Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований и рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения, публично представлять собственные и известные научные результаты, осуществлять педагогическую деятельность.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

предметную область, категориальный аппарат, структуру дисциплины «Квантовые компьютеры»;

основные достижения физики на данный момент и понимать фундаментальные принципы, лежащих в основе современных вычислений на основе квантовых алгоритмов;

основные алгоритмы квантовых вычислений.

Уметь выделять задачи, требующие вычислений на основе квантовых технологий, понимать терминологию квантовых алгоритмов.

Владеть (быть в состоянии продемонстрировать) знанием базовых концепций и понятий современных квантовых вычислений; умением владеть понятийным аппаратом и иметь элементарные практические навыки квантовых вычислений.

4. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Таблица 1. Содержание разделов дисциплины (модуля) «Квантовые компьютеры», перечень оценочных средств и контролируемых компетенций

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Форма текущего контроля
1	2	3	4	5
1	Принципы квантовой механики.	Квантовое состояние. Принцип суперпозиции. Закон композиции амплитуд. Базисные состояния. Представление векторов состояния и операторов матрицами. Эрмитовы и унитарные операторы и матрицы. Редукция волнового пакета.	ПКС-1, ПКС-4	К, Т, РК
2	Квантовые компьютеры и сложные много-частичные квантовые системы	Спиноры, как сложные системы частиц со спином $\frac{1}{2}$. Правила сложения спинов, коэффициенты Клебша-Гордана. Матрица вращения для спиноров. Унитарная эволюция и измерения как способы изменения состояния. Квантовое вычисление, как унитарная операция. Квантовый параллелизм и преимущества квантовых алгоритмов.	ПКС-1, ПКС-4	К, Т, РК
3	Квантовый разряд (кубит)	Квантовая система из N двухуровневых квантовых элементов (кубитов). Физические системы, реализующими кубиты: поляризационные состояния фотонов, электронные состояния изолированных атомов или ионов, спиновые состояния ядер атомов. Системы с 1, 2 и 3 кубитами.	ПКС-1, ПКС-4	К, Т, РК
4	Схема вычислений на квантовом компьютере.	Концепция квантового процессора и квантовых логических вентилей Дойча.	ПКС-1, ПКС-4	К, Т, РК
5	Квантовые алгоритмы.	Алгоритм Гровера. Алгоритм Шора для разложения натурального числа на простые множители. Алгоритм Залки - Визнера для моделирования унитарной эволюции квантовой системы n частиц. Алгоритм Дойча – Джоза. Алгоритм Саймона для проблемы чёрного ящика. Проблема возможности получения квантового ускорения для произвольного классического алго-	ПКС-1, ПКС-4	К, Т, РК

		ритма. Реализация операции CNOT на зарядовых состояниях электрона в квантовых точках.		
6	Квантовая телепортация	Парадокс Эйнштейна - Подольского – Розена. Неравенства Белла. Принципы квантовой телепортации. Эксперименты Фридмана-Клаузера и Аспэ. Эксперимент Гринбергера - Хорна - Цайлин-гера с многосвязными состояниями, как основа квантовой телепортации. Двух-канальная квантовая криптография.	ПКС-1, ПКС-4	К, Т, РК
7	Физические принципы реализации квантовых компьютеров	Твердотельные квантовые точки на полупроводниках с логическими кубитами в виде зарядовых состояний. Твердотельные квантовые точки на полупроводниках с логическими кубитами в виде направление электронного и/или ядерного спина в данной квантовой точке. Управление твердотельными квантовыми точками на полупроводниках через внешние потенциалы или лазерным импульсом. Логические кубиты на сверхпроводящих элементах (джозефсоновские переходы, скивды и др.). Управление квантовыми процессорами на сверхпроводящих элементах. Логические кубиты на ионах в вакуумных ловушках Пауля (или атомы в оптических ловушках). Использование основного/возбуждённого состояния внешнего электрона в ионе как логический кубит. Управление логическими кубитами с помощью лазерных импульсов. Использование заранее приготовленных запутанных состояний фотонов для управления атомными ансамблями или как элементы управления классическими вычислительными сетями.	ПКС-1, ПКС-4	К, Т, РК

В графе 5 приводятся планируемые формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), домашнего задания (ДЗ) написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), рубежный контроль (РК), тестирование (Т) и т.д.

Таблица 2. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов)

Вид работы	Трудоемкость, часов	
	3 семестр	Всего
Общая трудоемкость в зач. ед. (час.)	108	108
Контактная работа (в часах):	34	34
Лекции (Л)		
Практические занятия (ПЗ)	34	34

Самостоятельная работа, в том числе контактная работа:	65	65
Самостоятельное изучение разделов	55	55
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.).	10	10
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	9	9
Вид итогового контроля (зачет)	зачет	зачет

Таблица 3. Практические занятия

№№	Содержание занятий
1.	Квантовое состояние. Принцип суперпозиции. Закон композиции амплитуд. Базисные состояния. Представление векторов состояния и операторов матрицами. Эрмитовы и унитарные операторы и матрицы. Редукция волнового пакета.
2.	Спиноры, как сложные системы частиц со спином $1/2$. Правила сложения спинов, коэффициенты Клебша-Гордана. Матрица вращения для спиноров. Унитарная эволюция и измерения как способы изменения состояния. Квантовое вычисление, как унитарная операция. Квантовый параллелизм и преимущества квантовых алгоритмов.
3.	Квантовая система из N двухуровневых квантовых элементов (кубитов). Физические системы, реализующими кубиты: поляризационные состояния фотонов, электронные состояния изолированных атомов или ионов, спиновые состояния ядер атомов. Системы с 1, 2 и 3 кубитами.
4.	Концепция квантового процессора и квантовых логических вентилей Дойча.
5.	Алгоритм Гровера. Алгоритм Шора для разложения натурального числа на простые множители. Алгоритм Залки - Визнера для моделирования унитарной эволюции квантовой системы n частиц. Алгоритм Дойча - Джоза. Алгоритм Саймона для проблемы чёрного ящика. Проблема возможности получения квантового ускорения для произвольного классического алгоритма. Реализация операции CNOT на зарядовых состояниях электрона в квантовых точках.
6.	Парадокс Эйнштейна - Подольского - Розена. Неравенства Белла. Принципы квантовой телепортации. Эксперименты Фридмана-Клаузера и Аспэ. Эксперимент Гринбергера - Хорна - Цайлингера с многосвязными состояниями, как основа квантовой телепортации. Двухканальная квантовая криптография.
7	Твердотельные квантовые точки на полупроводниках с логическими кубитами в виде зарядовых состояний. Твердотельные квантовые точки на полупроводниках с логическими кубитами в виде направления электронного и/или ядерного спина в данной квантовой точке. Управление твердотельными квантовыми точками на полупроводниках через внешние потенциалы или лазерным импульсом. Логические кубиты на сверхпроводящих элементах (джозефсоновские переходы, скивды и др.). Управление квантовыми процессорами на сверхпроводящих элементах. Логические кубиты на ионах в вакуумных ловушках Пауля (или атомы в оптических ловушках). Использование основного/возбуждённого состояния внешнего электрона в ионе как логический кубит. Управление логическими кубитами с помощью лазерных импульсов. Использование заранее приготовленных запутанных состояний фотонов для управления атомными ансамблями или как элементы управления классическими вычислительными сетями.

Таблица 4. Самостоятельная работа 1 (принципы квантовой теории)

№№	Содержание занятий
1.	Представление векторов состояния и операторов матрицами. Эрмитовы и унитарные операторы и матрицы и действия над ними.
2.	Спиноры, как сложные системы частиц со спином 1/2. Правила сложения спинов, коэффициенты Клебша-Гордана. Матрица вращения для спиноров.
3.	Физические системы, реализующими кубиты: поляризационные состояния фотонов, электронные состояния изолированных атомов или ионов, спиновые состояния ядер атомов. Системы с 1, 2 и 3 кубитами.
4.	Концепция квантового процессора и квантовых логических вентилей Дойча.
5.	Алгоритм Гровера. Алгоритм Шора для разложения натурального числа на простые множители. Алгоритм Залки - Визнера для моделирования унитарной эволюции квантовой системы n частиц. Алгоритм Дойча - Джоза. Алгоритм Саймона для проблемы чёрного ящика. Реализация операции CNOT на зарядовых состояниях электрона в квантовых точках.
6.	Неравенства Белла. Принципы квантовой телепортации. Эксперименты Фридмана-Клаузера и Аспэ. Эксперимент Гринбергера - Хорна - Цайлингера с многосвязными состояниями, как основа квантовой телепортации.
7	Твердотельные квантовые точки на полупроводниках с логическими кубитами в виде зарядовых состояний и в виде электронного и/или ядерного спина в данной квантовой точке. Использование заранее приготовленных запутанных состояний фотонов для управления атомными ансамблями или как элементы управления классическими вычислительными сетями.

Таблица 5. Самостоятельная работа 2 (квантовые вычисления)

№№	Содержание занятий
1.	Спиноры, как сложные системы частиц со спином 1/2. Правила сложения спинов, коэффициенты Клебша-Гордана. Матрица вращения для спиноров. Унитарная эволюция и измерения как способы изменения состояния. Квантовое вычисление, как унитарная операция. Квантовый параллелизм и преимущества квантовых алгоритмов.
2	Квантовая система из N двухуровневых квантовых элементов (кубитов). Физические системы, реализующими кубиты: поляризационные состояния фотонов, электронные состояния изолированных атомов или ионов, спиновые состояния ядер атомов. Системы с 1, 2 и 3 кубитами.
3.	Концепция квантового процессора и квантовых логических вентилей Дойча.
4	Алгоритм Гровера. Алгоритм Шора для разложения натурального числа на простые множители. Алгоритм Залки - Визнера для моделирования унитарной эволюции квантовой системы n частиц. Алгоритм Дойча - Джоза. Алгоритм Саймона для проблемы чёрного ящика.
5	Реализация операции CNOT на зарядовых состояниях электрона в квантовых точках.
6	Парадокс Эйнштейна - Подольского - Розена.
7.	Принципы квантовой телепортации.
8	Неравенства Белла
9	Эксперименты Фридмана-Клаузера и Аспэ.
10.	Эксперимент Гринбергера - Хорна - Цайлингера с многосвязными состояниями, как основа квантовой телепортации.

11	Двухканальная квантовая криптография.
12.	Твердотельные квантовые точки на полупроводниках с логическими кубитами в виде зарядовые состояний.
13.	Твердотельные квантовые точки на полупроводниках с логическими кубитами в виде направление электронного и/или ядерного спина в данной квантовой точке.
14	Управление твердотельными квантовыми точками на полупроводниках через внешние потенциалы или лазерным импульсом. Логические кубиты на сверхпроводящих элементах (джозефсоновские переходы, сквиды и др.).
15	Управление квантовыми процессорами на сверхпроводящих элементах.
16	Логические кубиты на ионах в вакуумных ловушках Пауля (или атомы в оптических ловушках).
17	Использование основного/возбуждённого состояния внешнего электрона в ионе как логический кубит
18	Управление логические кубитами с помощью лазерных импульсов.
19	Использование заранее приготовленных запутанных состояний фотонов для управления атомными ансамблями или как элементы управления классическими вычислительными сетями.

5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости в промежуточной аттестации

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям. Формирование этих дескрипторов происходит в течение всего семестра по этапам в рамках различного вида занятий и самостоятельной работы.

В ходе изучения дисциплины предусматриваются *текущий, рубежный контроль и промежуточная аттестация (см. распределение баллов в Приложении № 2).*

5.1 Оценочные материалы для текущего контроля. Цель текущего контроля – оценка результатов работы в семестре и обеспечение своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающегося. Объектом текущего контроля являются конкретизированные результаты обучения (учебные достижения) по дисциплине

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины «Квантовые компьютеры» и включает: ответы на теоретические вопросы на практическом занятии, решение практических задач и выполнение заданий на практическом занятии, самостоятельное выполнение индивидуальных домашних заданий (например, решение задач) с отчетом (защитой) в установленный срок, написание докладов, дискуссии.

Оценка качества подготовки на основании выполненных заданий ведется преподавателем (с обсуждением результатов), баллы начисляются в зависимости от сложности задания.

5.1.1 Вопросы по темам дисциплины «Квантовые компьютеры» (контролируемые компетенции ПКС-1, ПКС-4):

Коллоквиум № 1

Квантовое состояние. Принцип суперпозиции.

2. Закон композиции амплитуд квантовой механики. Базисные состояния.
3. Представление векторов состояния и операторов матрицами.
4. Эрмитовы и унитарные операторы и матрицы. Редукция волнового пакета.
5. Спиноры, как сложные системы частиц со спином $1/2$.
6. Правила сложения спинов. Коэффициенты Клебша-Гордана.
7. Матрица вращения для спиноров.
8. Унитарная эволюция и измерения как способы изменения состояния. Квантовое вычисление, как унитарная операция.
9. Квантовый параллелизм и преимущества квантовых алгоритмов.
10. Квантовый разряд (кубит).
11. Квантовая система из N двухуровневых квантовых элементов (кубитов).
12. Физические системы, реализующие кубиты: поляризационные состояния фотонов, электронные состояния изолированных атомов или ионов.

Коллоквиум № 2

1. Системы кубитов на спиновых состояниях ядер атомов.
2. Системы с 1, 2 и 3 кубитами.
3. Концепция квантового процессора и квантовых логических вентилей Дойча.
4. Алгоритм Гровера.
5. Алгоритм Шора для разложения натурального числа на простые множители.
6. Алгоритм Залки - Визнера для моделирования унитарной эволюции квантовой системы n частиц.
7. Алгоритм Дойча - Джоза. Алгоритм Саймона для проблемы чёрного ящика.
8. Проблема возможности получения квантового ускорения для произвольного классического алгоритма.
9. Реализация операции CNOT на зарядовых состояниях электрона в квантовых точках.
10. Парадокс Эйнштейна - Подольского - Розена.
11. Неравенства Белла.
12. Принципы квантовой телепортации.

Коллоквиум № 3

1. Эксперименты Фридмана-Клаузера и Аспэ.
2. Эксперимент Гринбергера - Хорна - Цайлингера с многосвязными состояниями, как основа квантовой телепортации.
3. Двухканальная квантовая криптография.
4. Твердотельные квантовые точки на полупроводниках с логическими кубитами в виде зарядовых состояний.
5. Твердотельные квантовые точки на полупроводниках с логическими кубитами в виде направления электронного и/или ядерного спина в данной квантовой точке.
6. Управление твердотельными квантовыми точками на полупроводниках через внешние потенциалы или лазерным импульсом.
7. Логические кубиты на сверхпроводящих элементах (джозефсоновские переходы, сквиды и др.).
8. Управление квантовыми процессорами на сверхпроводящих элементах.
9. Логические кубиты на ионах в вакуумных ловушках Пауля (или атомы в оптических ловушках).
10. Использование основного/возбуждённого состояния внешнего электрона в ионе как логический кубит.
11. Управление логическими кубитами с помощью лазерных импульсов.

12. Использование заранее приготовленных запутанных состояний фотонов для управления атомными ансамблями или как элементы управления классическими вычислительными сетями.

Критерии формирования оценок (оценивания) устного опроса

Устный опрос является одним из основных способов учёта знаний обучающегося по дисциплине. Развёрнутый ответ студента должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на заданную тему, показывать его умение применять определения.

В результате устного опроса знания, обучающегося оцениваются по следующей шкале:

1 балл ставится, если обучающийся:

- 1) полно излагает изученный материал, даёт правильное определение физических понятий;
- 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные;
- 3) излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.

0.7 балла, ставится, если обучающийся даёт ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для балла «1», но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1-2 недочёта в последовательности и языковом оформлении излагаемого.

0.5 балла, ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но:

- 1) излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий;
- 2) не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- 3) излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

0 баллов, ставится, если обучающийся обнаруживает незнание большей части соответствующего раздела изучаемого материала, допускает ошибки в формулировке.

Баллы могут ставиться не только за единовременный ответ, но и за рассредоточенный во времени, т.е. за сумму ответов, данных студентом на протяжении занятия

5.1.2. Оценочные материалы для выполнения докладов по дисциплине» (контролируемая компетенция ПКС-1, ПКС-4):

Доклад – продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

Темы докладов:

Парадокс Эйнштейна - Подольского - Розена.

Принципы квантовой телепортации.

Неравенства Белла

Эксперименты Фридмана-Клаузера и Аспэ.

Эксперимент Гринбергера - Хорна - Цайлингера с многосвязными состояниями, как основа квантовой телепортации.

Двухканальная квантовая криптография.

Твердотельные квантовые точки на полупроводниках с логическими кубитами в виде зарядовых состояний.

Твердотельные квантовые точки на полупроводниках с логическими кубитами в виде направление электронного и/или ядерного спина в данной квантовой точке.

Требования к докладу:

Общий объём доклада 10-15 листов (шрифт 14 Times New Roman, 1,5 интервал). Поля: верхнее, нижнее, правое, левое – 20 мм. Абзацный отступ – 1,25; рисунки должны создаваться в циклических редакторах или как рисунок Microsoft Word (сгруппированный). Таблицы выполнять табличными ячейками Microsoft Word. Сканирование рисунков и таблиц не допускается. Выравнивание текста (по ширине страницы) необходимо выполнять только стандартными способами, а не с помощью пробелов. Размер текста в рисунках и таблицах – 12 кегль.

Обязательно наличие: содержания (структура работы с указанием разделов и их начальных номеров страниц), введения (актуальность темы, цель, задачи), основных разделов реферата, заключения (в кратком, резюмированном виде основные положения работы), списка литературы с указанием конкретных источников, включая ссылки на Интернет-ресурсы.

В тексте ссылка на источник делается путем указания (в квадратных скобках) порядкового номера цитируемой литературы и через запятую – цитируемых страниц. Уровень оригинальности текста – 50%.

Критерии оценки доклада:

«отлично» (3 балла) ставится, если обучающийся проявил инициативу, творческий подход, способность к выполнению сложных заданий, организационные способности. Отмечается способность к публичной коммуникации. Документация представлена в срок. Полностью оформлена в соответствии с требованиями

«хорошо» (2 балла) – обучающийся достаточно полно, но без инициативы и творческих находок выполнил возложенные на него задачи. Документация представлена достаточно полно и в срок, но с некоторыми недоработками

«удовлетворительно» (1 балл) – обучающийся выполнил большую часть возложенной на него работы. Допущены существенные отступления. Документация сдана со значительным опозданием (более недели). Отсутствуют отдельные фрагменты.

«неудовлетворительный (ниже порогового) уровень компетенции» – обучающийся не выполнил свои задачи или выполнил лишь отдельные несущественные поручения. Документация не сдана.

5.2. Оценочные материалы для промежуточной аттестации (контролируемые компетенции ПКС-1, ПКС-4):

Целью промежуточных аттестаций по дисциплине является оценка качества освоения дисциплины обучающимися.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины. Осуществляется в конце семестра и представляет собой итоговую оценку знаний по дисциплине «Квантовые компьютеры» в виде проведения зачета.

Промежуточная аттестация может проводиться в устной, письменной форме, и в форме тестирования. На промежуточную аттестацию отводится до 30 баллов.

Вопросы для зачёта.

1. Квантовое состояние. Принцип суперпозиции.
2. Закон композиции амплитуд квантовой механики. Базисные состояния.
3. Представление векторов состояния и операторов матрицами.
4. Эрмитовы и унитарные операторы и матрицы. Редукция волнового пакета.
5. Спиноры, как сложные системы частиц со спином 1/2.
6. Правила сложения спинов. Коэффициенты Клебша-Гордана.
7. Матрица вращения для спиноров.
8. Унитарная эволюция и измерения как способы изменения состояния. Квантовое вычисление, как унитарная операция.

9. Квантовый параллелизм и преимущества квантовых алгоритмов.
10. Квантовый разряд (кубит).
11. Квантовая система из N двухуровневых квантовых элементов (кубитов).
12. Физические системы, реализующими кубиты: поляризационные состояния фотонов, электронные состояния изолированных атомов или ионов.
13. Системы кубитов на спиновых состояниях ядер атомов.
14. Системы с 1, 2 и 3 кубитами.
15. Концепция квантового процессора и квантовых логических вентилях Дойча.
16. Алгоритм Гровера.
17. Алгоритм Шора для разложения натурального числа на простые множители.
18. Алгоритм Залки - Визнера для моделирования унитарной эволюции квантовой системы n частиц.
19. Алгоритм Дойча - Джоза. Алгоритм Саймона для проблемы чёрного ящика.
20. Проблема возможности получения квантового ускорения для произвольного классического алгоритма.
21. Реализация операции CNOT на зарядовых состояниях электрона в квантовых точках.
22. Парадокс Эйнштейна - Подольского - Розена.
23. Неравенства Белла.
24. Принципы квантовой телепортации.
25. Эксперименты Фридмана-Клаузера и Аспэ.
26. Эксперимент Гринбергера - Хорна - Цайлингера с многосвязными состояниями, как основа квантовой телепортации.
27. Двухканальная квантовая криптография.
28. Твердотельные квантовые точки на полупроводниках с логическими кубитами в виде зарядовых состояний.
29. Твердотельные квантовые точки на полупроводниках с логическими кубитами в виде направления электронного и/или ядерного спина в данной квантовой точке.
30. Управление твердотельными квантовыми точками на полупроводниках через внешние потенциалы или лазерным импульсом.
31. Логические кубиты на сверхпроводящих элементах (джозефсоновские переходы, сквиды и др.).
32. Управление квантовыми процессорами на сверхпроводящих элементах.
33. Логические кубиты на ионах в вакуумных ловушках Пауля (или атомы в оптических ловушках).
34. Использование основного/возбуждённого состояния внешнего электрона в ионе как логический кубит.
35. Управление логическими кубитами с помощью лазерных импульсов.
36. Использование заранее приготовленных запутанных состояний фотонов для управления атомными ансамблями или как элементы управления классическими вычислительными сетями.

Вопросы к аттестационным контрольным работам по проверке остаточных знаний

1. Принципы квантовой механики.
2. Квантовые компьютеры и сложные многочастичные квантовые системы.
3. Квантовый разряд (кубит).
4. Схема вычислений на квантовом компьютере.
5. Квантовые алгоритмы.
6. Квантовая телепортация.
7. Физические реализации квантовых компьютеров.

Критерии формирования оценок по промежуточной аттестации:

Для получения зачёта студент должен набрать по сумме всех типов контроля 70 баллов – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. Если по итогам текущего и рубежного контроля успеваемости студент набрал баллов в пределах $36 < (S_{\text{тек}} + S_{\text{руб}}) < 61$, то он допускается к сдаче зачета. По итогам сдачи зачета он может повысить сумму баллов до 61 (не более), необходимых для получения зачета.

При показателях ниже от 36 баллов – теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий. На зачёте студент демонстрирует незнание значительной части программного материала, существенные ошибки в ответах на вопросы, неумение ориентироваться в материале, незнание основных понятий дисциплины.

6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Максимальная сумма (100 баллов), набираемая студентом по дисциплине включает две составляющие:

- *первая составляющая* – оценка регулярности, своевременности и качества выполнения студентом учебной работы по изучению дисциплины в течение периода изучения дисциплины (семестра, или нескольких семестров) (сумма – не более 70 баллов). Баллы, характеризующие успеваемость студента по дисциплине, набираются им в течение всего периода обучения за изучение отдельных тем и выполнение отдельных видов работ.
- *вторая составляющая* – оценка знаний студента по результатам промежуточной аттестации (не более 30 –баллов).

Критерием оценки уровня сформированности компетенций в рамках учебной дисциплины «Расчет адсорбции и состава поверхностного слоя» является зачет.

В период подготовки к экзамену студенты вновь обращаются к учебно-методическому материалу и закрепляют промежуточные знания.

Подготовка обучающегося к зачету включает три этапа:

- самостоятельная работа в течение семестра;
- непосредственная подготовка в дни, предшествующие экзамену по темам курса;
- подготовка к ответу на экзаменационные вопросы.

При подготовке к зачету обучающимся целесообразно использовать материалы лекций, учебно-методические комплексы, нормативные документы, основную и дополнительную литературу.

На зачет или экзамен выносятся материал в объеме, предусмотренном рабочей программой учебной дисциплины за семестр. Зачет проводится в письменной / устной форме.

При проведении зачета в письменной (устной) форме ведущий преподаватель составляет экзаменационные билеты, которые могут включать в себя: тестовые задания; теоретические вопросы; задачи или ситуации. Формулировка теоретических заданий совпадает с формулировкой перечня экзаменационных вопросов, доведенных до сведения студентов накануне экзаменационной сессии. Содержание вопросов одного билета относится к различным разделам программы с тем, чтобы более полно охватить материал учебной дисциплины.

В аудитории, где проводится устный зачет, должно одновременно находиться не

более десяти студентов на одного преподавателя, принимающего зачет.

Критерии оценки качества освоения дисциплины

Оценка «отлично» – от 91 до 100 баллов – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. На экзамене студент демонстрирует глубокие знания предусмотренного программой материала, умеет четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы.

Оценка «хорошо» – от 81 до 90 баллов – теоретическое содержание курса освоено, необходимые практические навыки работы сформированы, выполненные учебные задания содержат незначительные ошибки. На экзамене студент демонстрирует твердые знания основного (программного) материала, умеет четко, грамотно, без существенных неточностей отвечать на поставленные вопросы.

Оценка «удовлетворительно» – от 61 до 80 баллов – теоретическое содержание курса освоено не полностью, необходимые практические навыки работы сформированы частично, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки. На экзамене студент демонстрирует знание только основного материала, ответы содержат неточности, слабо аргументированы, нарушена последовательность изложения материала

Оценка «неудовлетворительно» – от 36 до 60 баллов – теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий. На экзамене студент демонстрирует незнание значительной части программного материала, существенные ошибки в ответах на вопросы, неумение ориентироваться в материале, незнание основных понятий дисциплины.

Не допуск – от 0 до 35 баллов – во время прохождения учебных занятий обучающийся не набрал пороговое количество баллов и не допускается к прохождению промежуточной аттестации.

Таблица 7. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Наименование компетенции	Индикаторы достижений	Основные показатели оценки результатов обучения	Оценочные средства
ПКС-1: Способен формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития физики и медицинской физики, обоснованно выбирать и использовать теоретические	ПКС-1.1: Анализирует тенденции и перспективы развития медицинской физики и смежных областей науки и техники	Обучающийся знает теоретический материал, относящийся к данной компетенции (в том числе знает правила, последовательность, алгоритм выполнения действий, умений). Может его воспроизвести (с разной степенью точности), ответить на уточняющие вопросы. Знать: базовые профессионально-профилированные методы в области компьютерных технологий для решения задач современной физики, включая медицинскую физику, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки.	устный или письменный опрос (коллоквиум) (разделы 5.1.1, 5.1.2, 5.2);

и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач □		Обучающийся демонстрирует умения (с различной степенью самостоятельности), относящийся к данной компетенции. Уметь: использовать на практике численные методы и основные способы компьютерного моделирования для решения задач медицинской физики, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки.	Выполнение и защита доклада (разделы 5.1.2)
		Владение знаниями и умениями, как готовность самостоятельного применения их, демонстрировать, осуществлять деятельность в различных ситуациях, относящихся к данной компетенции. Обучающийся демонстрирует деятельность (способы деятельности). Способен отбирать и интегрировать имеющиеся знания и умения исходя из поставленной цели, проводить самоанализ и самооценку. Владеть теоретическими и экспериментальными методами современных квантовых алгоритмов для развития способности самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики, включая медицинскую физику, физику конденсированного состояния вещества, а также во взаимосвязи со смежными разделами физики (физика детекторов, электромагнитные процессы при высоких энергиях, воздействие интенсивных потоков частиц на вещество), а также решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.	Выполнение и защита доклада (разделы 5.1.2); презентация отчета по модели; другие виды работ и заданий, предполагающие интегрированный (и/или комплексный) характер и позволяющие обучающимся продемонстрировать наибольшее количество компетенций;

Наименование компетенции	Индикаторы достижений	Основные показатели оценки результатов обучения	Оценочные средства
ПКС-4: Способен делать научно-обоснованные выводы по ре-	ПКС-4.1: Способностью к преподаванию физико-	Обучающийся знает теоретический материал, относящийся к данной компетенции (в том числе знает правила, последовательность, алгоритм выполнения действий, уме-	Тестовые задания; устный или письменный опрос; коллоквиум; собеседование по тео-

<p>зультатам теоретических и экспериментальных исследований и рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения, публично представлять собственные и известные научные результаты, осуществлять педагогическую деятельность</p>	<p>математических дисциплин в общеобразовательных организациях, профессиональных образовательных организациях и организациях дополнительного образования</p>	<p>ний). Может его воспроизвести (с разной степенью точности), ответить на уточняющие вопросы. Знать: базовые понятия, связанные с технологиями обучения современные подходы к реализации технологий преподавания физико-математических дисциплин в общеобразовательных организациях, профессиональных образовательных организациях и организациях дополнительного образования в меняющихся социально-экономических условиях.</p> <p>Обучающийся демонстрирует умения (с различной степенью самостоятельности), относящийся к данной компетенции. Уметь: применять полученные знания для организации и проведения различных форм занятий с учащимися на основе современных технологий определять перспективные направления развития современных технологий преподавания физико-математических дисциплин.</p> <p>Владение знаниями и умениями, как готовность самостоятельного применения их, демонстрировать, осуществлять деятельность в различных ситуациях, относящихся к данной компетенции. Обучающийся демонстрирует деятельность (способы деятельности). Способен отбирать и интегрировать имеющиеся знания и умения исходя из поставленной цели, проводить самоанализ и самооценку. Владеть навыками применения современных педагогических и информационных технологий преподавания физико-математических дисциплин в общеобразовательных организациях, профессиональных образовательных организациях и организациях дополнительного образования в меняющихся социально-экономических условиях.</p>	<p>ретическому материалу; зачет; предполагающие такую часть, как воспроизведение (изложение) теоретического материала по дисциплине. Выполнение и защита курсовой работы, реферата; презентация отчета по модели; другие виды работ и заданий, предполагающие интегрированный (и/или комплексный) характер и позволяющие обучающимся продемонстрировать наибольшее количество компетенций;</p> <ul style="list-style-type: none"> • зачет.
---	--	---	---

Таким образом, выполнение типовых заданий, представленных в разделе 5 «Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации» позволит критично, оценить: способность использовать свободное владение

профессионально-профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки, способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература

1. Белинский А.В., Квантовые измерения [Электронный ресурс] / Белинский А.В. - М. : БИНОМ, 2015. - 185 с. - ISBN 978-5-9963-2549-8 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996325498.html>
2. Ведринский Р.В., Квантовая механика [Электронный ресурс]: учебник / Ведринский Р.В. - Ростов н/Д : Изд-во ЮФУ, 2009. - 384 с. - ISBN 978-5-9275-0706-1 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927507061.html>
3. Веко О.В., Квантовая механика в космологических моделях де Ситтера [Электронный ресурс] / О.В. Веко [и др.] - Минск : Белорус. наука, 2016. - 515 с. - ISBN 978-985-08-2027-3 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850820273.html>

7.2. Дополнительная литература

1. Хренников А.Ю. Введение в квантовую теорию информации. "Физматлит", 2008, 284 стр.
2. Карлов Н.В., Кириченко Н.А. Начальные главы квантовой механики. "Физматлит", 2006, 360 стр.
3. Авдеев В.А. Периферийные устройства: интерфейсы, схемотехника, программирование. "ДМК Пресс", 2009, 848 стр.
4. Агеев Е.Ю. Основы компьютерных сетевых технологий. ТУСУР (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники), 2011, 83 стр.
5. Мазуренко Ю.Т., Чивилихин С.А., Трифанов А.И., Орлов В.В. Квантовая информатика лабораторный практикум. СПбНИУ ИТМО (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики), 2009, 58 стр.
6. Хелемский А.Я. Квантовый функциональный анализ в бескоординатном изложении. МЦНМО, 2009, 304 стр.
7. Чивилихин С.А. Квантовая информатика. СПбНИУ ИТМО (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики), 2009, 80 с.
8. Кручинин В.В. Компьютерные технологии в научных исследованиях. ТУСУР (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники), 2012, 56 стр.
9. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. "Лань", 2004, 672 стр.

7.3. Интернет-ресурсы

1. Материалы сайта www.wikipedia.org.
2. ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru
3. ЭБС «IPRbooks» <http://www.iprbookshop.ru>
4. Электронная библиотека КБГУ (lib.kbsu.ru).
общие информационные, справочные и поисковые:
5. Справочная правовая система «Гарант». URL: <http://www.garant.ru>.
6. Справочная правовая система «КонсультантПлюс». URL: <http://www.consultant.ru>

№п /п	Наименование электронного ресурса	Краткая характеристика	Адрес сайта	Наименование организации-владельца; реквизиты договора	Условия доступа
1.	«Web of Science» (WOS)	Политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая база данных, в которой индексируются около 12,5 тыс. журналов	http://www.isiknowledge.com/	Компания Thomson Reuters Сублицензионный договор № WoS/592 от 05.09.2019 г. Активен до 31.12.2021г.	Доступ по IP-адресам КБГУ
2.	Sciverse Scopus издательства «Эльзевир. Наука и технологии»	Реферативная и аналитическая база данных, содержащая 21.000 рецензируемых журналов; 100.000 книг; 370 книжный серий (продолжающихся изданий); 6,8 млн. докладов из трудов конференций	http://www.scopus.com	Издательство «Elsevier. Наука и технологии» Сублицензионный договор № Scopus/592 от 05.09.2019 г. Активен до 31.12.2021г.	Доступ по IP-адресам КБГУ
3.	Научная электронная библиотека (НЭБ РФФИ)	Электр. библиотека научных публикаций - около 4000 иностранных и 3900 отечественных научных журналов, рефераты публикаций 20 тыс. журналов, а также описания 1,5 млн. зарубежных и российских диссертаций; 2800 росс. журналов на безвозмездной основе	http://elibrary.ru	ООО «НЭБ»	Полный доступ

4.	База данных Science Index (РИНЦ)	Национальная информационно-аналитическая система, аккумулирующая более 6 миллионов публикаций российских авторов, а также информацию об их цитировании из более 4500 российских журналов.	http://elibrary.ru	ООО «НЭБ» Лицензионный договор Science Index №SIO-741/2021 от 12.07.2021 г. Активен до 01.08.2022г.	Авторизованный доступ. Позволяет дополнять и уточнять сведения о публикациях ученых КБГУ, имеющих в РИНЦ
5.	ЭБС «Консультант студента»	13800 изданий по всем областям знаний, включает более чем 12000 учебников и учебных пособий для ВО и СПО, 864 наименований журналов и 917 монографий.	http://www.studmedlib.ru http://www.medcollegelib.ru	ООО «Политехресурс» (г. Москва) Договор №310СЛ/08-2021 От 30.09.2021 г. Активен до 30.09.2022г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
6.	«Электронная библиотека технического вуза» (ЭБС «Консультант студента»)	Коллекция «Медицина (ВО) ГЭОТАР-Медиа. Books in English (книги на английском языке)»	http://www.studmedlib.ru	ООО «Политехресурс» (г. Москва) Договор №288СЛ/04-2021 От 20.04.2021 г. Активен до 20.04.2022г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
7.	ЭБС «Лань»	Электронные версии книг ведущих издательств учебной и научной литературы (в том числе университетских издательств), так и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.	https://e.lanbook.com/	ООО «ЭБС ЛАНЬ» (г. Санкт-Петербург) Договор №12ЕП/223 от 09.02.2021 г. Активен до 28.02.2022г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)

8.	Национальная электронная библиотека РГБ	Объединенный электронный каталог фондов российских библиотек, содержащий 4 331 542 электронных документов образовательного и научного характера по различным отраслям знаний	https://нэб.рф	ФГБУ «Российская государственная библиотека» Договор №101/НЭБ/16 66-п от 10.09.2020г. Сроком на 5 лет	Доступ с электронного читального зала библиотеки КБГУ
9.	ЭБС «IPRbooks»	107831 публикаций, в т.ч.: 19071 – учебных изданий, 6746 – научных изданий, 700 коллекций, 343 журнала ВАК, 2085 аудиозданий.	http://iprbookshop.ru/	ООО «Ай Пи Эр Медиа» (г. Саратов) Договор №7821/21 от 02.04.2021 г. Активен до 02.04.2022г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
10.	ЭБС «Юрайт» для СПО	Электронные версии учебной и научной литературы издательств «Юрайт» для СПО и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.	https://www.biblio-online.ru/	ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» (г. Москва) Договор №192/ЕП-223 От 29.10.2021 г. Активен до 31.10.2022 г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
11.	Polpred.com. Новости. Обзор СМИ. Россия и зарубежье	Обзор СМИ России и зарубежья. Полные тексты + аналитика из 600 изданий по 53 отраслям	http://polpred.com	ООО «Полпред справочники» Безвозмездно (без официального договора)	Доступ по IP-адресам КБГУ
12.	Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина	Более 500 000 электронных документов по истории Отечества, российской государственности, русскому языку и праву	http://www.prilib.ru	ФГБУ «Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина» (г. Санкт-Петербург) Соглашение от 15.11.2016г. Сроком на 5 лет (с дальнейшей про-	Авторизованный доступ из библиотеки (ауд. №214)

				лонгацией)	
--	--	--	--	------------	--

7.4. Периодические издания

Отдельные статьи по данной дисциплине опубликованы в различных журналах.

7.5 Методические рекомендации по изучению дисциплины

Методические указания к практическим занятиям

Практические работы проводятся после лекций и носят разъясняющий, обобщающий и закрепляющий характер. Они могут проводиться не только в аудитории, но и за пределами учебного заведения.

Основными видами учебных занятий при изучении курса «Квантовые компьютеры» являются лекции, практические занятия и контролируемая самостоятельная работа студентов с изучением ими рекомендованной литературы.

В ходе практических работ студенты воспринимают и осмысливают новый учебный материал. Практические занятия носят систематический характер, регулярно следуя за каждой лекцией или двумя-тремя лекциями.

Практические работы выполняются согласно графика учебного процесса и самостоятельной работы студентов по дисциплинам. При этом соблюдается принцип индивидуального выполнения работ.

Практические занятия служат углублению и закреплению знаний студентов, полученных ими в ходе лекций. Проводятся практические занятия по узловым и наиболее сложным темам учебной программы. Они могут быть построены как на материале одной лекции, так и на содержании обзорной лекции, а также по определённой теме без чтения предварительной лекции. Главная и определяющая особенность любого практического занятия – наличие элементов дискуссии, проблемности, диалога между преподавателем и студентами и самими студентами.

Кроме того, практические занятия позволяют разобраться в сложных вопросах, возникающих в процессе самостоятельной работы, и сформировать необходимые навыки и умения. Указанная форма проведения занятий развивает ораторские способности, совершенствует навыки выступления. Являясь одним из основных видов учебных занятий, практика подводит итог самостоятельной работе студентов по каждой теме. При этом практические занятия дают положительные результаты только в том случае, если им предшествует достаточно эффективная и плодотворная работа по самостоятельному изучению рекомендованной основной и дополнительной литературы.

Базовыми видами учебной работы студентов являются аудиторная и самостоятельная. Причем, аудиторной работе на практических занятиях, обязательно должна предшествовать самостоятельная работа студента. В частности, подготовку к практическим занятиям по дисциплине «Квантовые компьютеры» рекомендуется начинать заблаговременно и проводить в следующей последовательности: уяснение темы и основных вопросов, выносимых на занятие; определение порядка подготовки к семинару (когда и какую литературу изучить, на какие вопросы обратить особое внимание); ознакомление с литературой, и её изучение. При изучении литературы необходимо переработать информацию, глубоко осмыслив прочитанное. В ходе подготовки к занятию студенты могут выполнить:

- конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
 - проработку учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовку докладов для практических занятий;
 - поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовку заключения по обзору;
 - решение задач, упражнений;
 - работу с тестами и вопросами для самопроверки;
- и т.д.

При подготовке к ответу студент должен обратить внимание на следующие требования: свободное изложение материала; аргументированность всех содержащихся в ответе выводов и заключений; культуру речи. Выступающий должен уметь отстаивать свои результаты. Студенты должны быть готовы к выступлению добровольно или по вызову преподавателя по всем вопросам, рассматриваемым на занятии.

В ходе практического занятия студентам рекомендуется внимательно слушать выступления товарищей, делать при необходимости записи, а также замечать допущенные в решениях студентов неточности, ошибки и исправлять их. В конце занятия преподаватель подводит итоги изучения темы, объявляет оценки, полученные студентами, дает в случае необходимости рекомендации по дополнительной работе над отдельными вопросами темы.

Методические указания к самостоятельной работе

Самостоятельная работа является одним из видов учебной деятельности обучающихся, способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности обучающихся: творческой инициативы, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развития исследовательских умений.

Аудиторная самостоятельная работа по учебной дисциплине на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется по заданию преподавателя без его непосредственного участия.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать специфику изучаемой учебной дисциплины, индивидуальные особенности обучающегося.

Контроль самостоятельной работы и оценка ее результатов организуется как единство двух форм:

- самоконтроль и самооценка обучающегося;
- контроль и оценка со стороны преподавателя.

Формы самостоятельной работы студентов полностью определяются содержанием учебной дисциплины. В качестве основных форм самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины «Квантовые компьютеры» можно выделить следующие:

- выполнение домашних заданий;
- подготовка к тестированию;
- подготовка к коллоквиуму;
- самостоятельное изучение теоретического материала и литературы;
- подготовка к контрольной работе;
- самостоятельная проверка собственных знаний;
- подготовка к зачету.

Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при текущей, рубежной и промежуточной аттестации студента. Немаловажную роль при этом должны играть систематичность и плодотворность проводимой самостоятельной работы.

Методические рекомендации по работе с литературой

Всю литературу можно разделить на учебники и учебные пособия, оригинальные научные монографические источники, научные публикации в периодической печати. Из них можно выделить литературу основную (рекомендуемую), дополнительную и литературу для углубленного изучения дисциплины.

Изучение дисциплины следует начинать с учебника, поскольку учебник – это книга, в которой изложены основы научных знаний по определенному предмету в соответствии с целями и задачами обучения, установленными программой.

При работе с литературой необходимо учитывать, что имеются различные виды чтения, и каждый из них используется на определенных этапах освоения материала.

Предварительное чтение направлено на выявление в тексте незнакомых терминов и поиск их значения в справочной литературе. В частности, при чтении указанной литературы необходимо подробнейшим образом анализировать понятия.

Сквозное чтение предполагает прочтение материала от начала до конца. Сквозное чтение литературы из приведенного списка дает возможность студенту сформировать свод основных понятий из изучаемой области и свободно владеть ими.

Выборочное – наоборот, имеет целью поиск и отбор материала. В рамках данного курса выборочное чтение, как способ освоения содержания курса, должно использоваться при подготовке к практическим занятиям по соответствующим разделам.

Аналитическое чтение – это критический разбор текста с последующим его конспектированием. Освоение указанных понятий будет наиболее эффективным в том случае, если при чтении текстов студент будет задавать к этим текстам вопросы. Часть из этих вопросов сформулирована в ФОС в перечне вопросов для собеседования. Перечень этих вопросов ограничен, поэтому важно не только содержание вопросов, но сам принцип освоения литературы с помощью вопросов к текстам.

Целью *изучающего* чтения является глубокое и всестороннее понимание учебной информации. Есть несколько приемов изучающего чтения:

- а) Чтение по алгоритму предполагает разбиение информации на блоки: название; автор; источник; основная идея текста; фактический материал; анализ текста путем сопоставления имеющихся точек зрения по рассматриваемым вопросам; новизна.
- б) Прием постановки вопросов к тексту имеет следующий алгоритм:
 - медленно прочитать текст, стараясь понять смысл изложенного;
 - выделить ключевые слова в тексте;
 - постараться понять основные идеи, подтекст и общий замысел автора.
- в) Прием тезирования заключается в формулировании тезисов в виде положений, утверждений, выводов.

К этому можно добавить и иные приемы: прием реферирования, прием комментирования.

Важной составляющей любого солидного научного издания является список литературы, на которую ссылается автор. При возникновении интереса к какой-то обсуждаемой в тексте проблеме всегда есть возможность обратиться к списку относящейся к ней литературы. В этом случае вся проблема как бы разбивается на составляющие части, каждая из которых может изучаться отдельно от других. При этом важно не терять из вида общий контекст и не погружаться чрезмерно в детали, потому что таким образом можно не увидеть главного.

Подготовка к экзамену должна проводиться на основе лекционного материала, материала практических занятий с обязательным обращением к основным учебникам по курсу. Это позволит исключить ошибки в понимании материала, облегчит его осмысление, прокомментирует материал многочисленными примерами.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

8.1. Требования к материально-техническому обеспечению

Для реализации рабочей программы дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия.

При проведении занятий лекционного/ семинарского типа занятий используются:

лицензионное программное обеспечение:

- Продукты Microsoft (Desktop Education ALNG LicSaPk OLVS Academic Edition Enterprise) подписка (Open Value Subscription);

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security Стандартный Russian Edition;

свободно распространяемые программы:

- Academic MarthCAD License - математическое программное обеспечение, которое позволяет выполнять, анализировать важнейшие инженерные расчеты и обмениваться ими;
- WinZip для Windows - программ для сжатия и распаковки файлов;
- Adobe Reader для Windows – программа для чтения PDF файлов;
- Far Manager - консольный файловый менеджер для операционных систем семейства Microsoft Windows.

При осуществлении образовательного процесса студентами и преподавателем используются следующие информационно справочные системы: ЭБС «АйПиЭрбукс», ЭБС «Консультант студента», СПС «Консультант плюс», СПС «Гарант».

8.2 Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования (ауд. 145 ГК). В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

1. Альтернативная версия официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;

2. Для инвалидов с нарушениями зрения (слабовидящие, слепые)

- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь, дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; наличие средств для усиления остаточного зрения, брайлевской компьютерной техники, видеоувеличителей, программ невизуального доступа к информации, программ-синтезаторов речи и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями зрения;

- задания для выполнения на экзамене зачитываются ассистентом;

- письменные задания выполняются на бумаге, надиктовываются ассистенту обучающимся;

3. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху (слабослышащие, глухие):

- на зачете/экзамене присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- зачет/экзамен проводится в письменной форме;

4. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекту питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию студента экзамен проводится в устной форме.

Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечены электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники и учебные пособия, иная учебная литература, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

а) для слабовидящих:

- на экзамене присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- задания для выполнения, а также инструкция о порядке проведения зачета/экзамена оформляются увеличенным шрифтом;

- задания для выполнения на экзамене зачитываются ассистентом;

- письменные задания выполняются на бумаге, надиктовываются ассистенту;

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- студенту для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

в) для глухих и слабослышащих:

- на зачете/экзамене присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- зачет/экзамен проводится в письменной форме;

- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости поступающим предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- по желанию студента экзамен может проводиться в письменной форме;

д) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата (тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию студента экзамен проводится в устной форме.

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ (ДОПОЛНЕНИЙ)

в рабочую программу по дисциплине «Квантовые компьютеры» по направлению
подготовки 03.04.02 – Физика; на _____ учебный год

№п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень вносимых изменений (дополнений)	Примечание

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры теоретической и
экспериментальной физики протокол № ____ от "____" _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ /
/

Приложение 2

Распределение баллов текущего и рубежного контроля

№п /п	Вид контроля	Сумма баллов			
		Общая сумма	1-я точка	2-я точка	3-я точка
1	Посещение занятий	до 10 баллов	до 3 б.	до 3б.	до 4б.
2	Текущий контроль:	до 30 баллов	до 10 б.	до 10 б.	до 10 б.
	Ответ на 5 вопросов	от 0 до 15 б.	от 0 до 5 б.	от 0 до 5 б.	от 0 до 5 б.
	Полный правильный ответ	до 15 баллов	5 б.	5 б.	5 б.
	Неполный правильный ответ	от 3 до 15 б.	от 1 до 5 б.	от 1 до 5 б.	от 1 до 5 б.
	Ответ, содержащий неточности, ошибки	0б.	0б.	0б.	0б.
	Выполнение самостоятельных заданий (решение задач, написание рефератов, доклад, эссе)	от 0 до 15 б.	от 0 до 5 б.	от 0 до 5 б.	от 0 до 5 б.
1	Рубежный контроль	до 30 баллов	до 10 б.	до 10 б.	до 10 б.
	тестирование	от 0- до 12б.	от 0- до 4б.	от 0- до 4б.	от 0- до 4б.
	коллоквиум	от 0 до 18б.	от 0 до 6 б.	от 0 до 6 б.	от 0 до 6 б.
	Итого сумма текущего и рубежного контроля	до 70баллов	до 23б.	до 23б.	до 24б.
	Первый этап (базовый)уровень) – оценка «удовлетворительно»	не менее 36 б.	не менее 12 б.	не менее 12 б.	не менее 12 б.
	Второй этап (продвинутый)уровень) – оценка «хорошо»	менее 70 б. (51-69 б.)	менее 23 б.	менее 23 б.	менее 24б.
	Третий этап (высокий уровень) - оценка «отлично»	не менее 70 б.	не менее 23 б.	не менее 23 б.	не менее 24б.

Критерии оценки качества освоения дисциплины (для зачетной дисциплины)

Баллы (рейтинговой оценки)	Результат освоения	Требования уровню сформированности компетенций
62-70	Зачтено (без проце- дуры сдачи зачета)	Обучающийся освоил знания, умения и навыки входящие в со- став компетенции: способность использовать свободное владение профессионально- профилированными знаниями в области компьютерных техноло- гий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) под- готовки (ОПК-5), способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью совре- менной аппаратуры и информационных технологий с использо- ванием новейшего российского и зарубежного опыта (ПК-1).
36-61	Зачтено (с процедурой сдачи заче- та)	Обучающийся проявляет компетенции ОПК-5, ПК-1, но не в пол- ном объеме входящих в их состав действий. Обучающийся может допустить некоторые неточности, негрубые ошибки, затруднять- ся в изложении материала, но правильно отвечать на задаваемые ему вопросы.
менее 36 балла	не зачтено	Компетенции не сформированы

«Зачтено» выставляется обучающемуся, продемонстрировавшему полное, всесто-
роннее, осознанное правильное знание программного материала и изложившему ответ ло-
гично, грамотно, убедительно, готового к дальнейшему профессиональному совершен-
ствованию.

При ответе обучающийся может допустить некоторые неточности, негрубые ошиб-
ки, затрудняться в самостоятельном изложении материала, но правильно отвечать на зада-
ваемые ему вопросы, в результате наводящих вопросов с помощью преподавателя исправ-
лять допущенные ошибки и неточности.

«Не зачтено» может быть выставлено обучающемуся, обнаружившему неполное,
неосознанное знание учебно-программного материала, допускающему грубые ошибки,
неспособному самостоятельно изложить ответ на вопрос, отвечающему неправильно или
не дающему ответ на заданные вопросы. Демонстрируемый уровень знаний не может
быть признан достаточным для профессиональной деятельности.