

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
электроники, фотоники и
молекулярной физики**

В.В. Иванов

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине:	Диагностика и мониторинг плазменных технологий микро и нанoeлектроники
по направлению:	Электроника и нанoeлектроника
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: микро- и нанoeлектроника Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра нанoeлектроники и квантовых компьютеров
курс:	2
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: А.В. Цуканов, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры нанoeлектроники и квантовых компьютеров 29.05.2020

Аннотация

Курс "Диагностика и мониторинг плазменных технологий микро и нанoeлектроники" предусматривает ознакомление слушателей с теоретическими и экспериментальными основами реализации квантовых вычислений, а также изучение специальных вопросов квантовой механики, теории квантовых алгоритмов и связи, квантовой коррекции ошибок. Рассматриваются основные направления экспериментальных исследований, ориентированные на реализацию принципов обработки квантовой информации. Разбираются как уже существующие, так и новейшие квантовые схемы, разрабатываемые в ходе проектирования элементной базы полномасштабных квантовых компьютеров.

Задачи дисциплины:

- приобретение слушателями базовых знаний в области современной квантовой теории информации;
- приобретение слушателями базовых знаний в области современной экспериментальной квантовой информатики;
- освоение навыков критического анализа конкретных моделей полномасштабных квантовых компьютеров;
- подготовка слушателей к проектированию простейших квантовых сетей, пониманию физических основ процессов, обеспечивающих выполнение квантовых вентилей и алгоритмов, к их моделированию и оптимизации;
- стимулирование самостоятельной работы слушателей с оригинальными работами, публикующимися в отечественных и зарубежных научных журналах.

По результатам освоения дисциплины студент должен:

Знать:

Основные принципы квантовых вычислений; общую структуру квантового компьютера; существующие квантовые алгоритмы факторизации, поиска и моделирования; отличия квантового компьютеринга от классического; основные проблемы, возникающие при разработке элементной базы квантовых компьютеров и квантовых сетей, и способы их решения; преимущества и недостатки существующих прототипов квантовых компьютеров.

Уметь:

решать элементарные квантовомеханические уравнения, описывающие динамику одного и двух кубитов; оценивать время выполнения квантовых операций (тактовую частоту кубита и регистра) и времена потери когерентности для конкретной физической реализации квантового компьютера; представлять основные элементы квантовых вентилей, операций, транспортировки информации, телепортации, коррекции ошибок в виде квантовых схем.

Владеть:

методом вторичного квантования для квантового-полевого описания кубитов и управляющих импульсов; методами составления уравнений для учета квантовых диссипативных процессов в квантовых битах; основами квантовой схемотехники.

Темы и разделы:

1. История квантовых вычислений и основные задачи квантовой информатики.
2. Квантовый бит и основные однокубитные вентили.
3. Основные двух- и многокубитные вентили. Алгоритм Дойча.
4. Чистые, смешанные и запутанные состояния. Квантовая телепортация.
5. Квантовое преобразование Фурье и алгоритм факторизации (алгоритм Шора).
6. Квантовый алгоритм поиска (алгоритм Гровера).
7. Квантовое моделирование.
8. Потеря когерентности в квантовых компьютерах.
9. Коррекция квантовых ошибок. Квантовые коды.
10. Квантовый компьютер на оптических фотонах.
11. Квантовые вычисления на ионах в ловушках.
12. Сверхпроводниковые КЭД-резонаторы и кубиты.

13. Нанoeлектромеханические системы и квантовая информатика.
14. Оптoeлектромеханика и квантовая информатика.
15. Квантовые точки в фотонных структурах и квантовая информатика.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

ознакомление слушателей с теоретическими и экспериментальными основами реализации квантовых вычислений, а также изучение специальных вопросов квантовой механики, теории квантовых алгоритмов и связи, квантовой коррекции ошибок. Рассматриваются основные направления экспериментальных исследований, ориентированные на реализацию принципов обработки квантовой информации. Разбираются как уже существующие, так и новейшие квантовые схемы, разрабатываемые в ходе проектирования элементной базы полномасштабных квантовых компьютеров.

Задачи дисциплины

- приобретение слушателями базовых знаний в области современной квантовой теории информации;
- приобретение слушателями базовых знаний в области современной экспериментальной квантовой информатики;
- освоение навыков критического анализа конкретных моделей полномасштабных квантовых компьютеров;
- подготовка слушателей к проектированию простейших квантовых сетей, пониманию физических основ процессов, обеспечивающих выполнение квантовых вентилей и алгоритмов, к их моделированию и оптимизации;
- стимулирование самостоятельной работы слушателей с оригинальными работами, публикующимися в отечественных и зарубежных научных журналах.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценить качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

Основные принципы квантовых вычислений; общую структуру квантового компьютера; существующие квантовые алгоритмы факторизации, поиска и моделирования; отличия квантового компьютеринга от классического; основные проблемы, возникающие при разработке элементной базы квантовых компьютеров и квантовых сетей, и способы их решения; преимущества и недостатки существующих прототипов квантовых компьютеров.

уметь:

решать элементарные квантовомеханические уравнения, описывающие динамику одного и двух кубитов; оценивать время выполнения квантовых операций (тактовую частоту кубита и регистра) и времена потери когерентности для конкретной физической реализации квантового компьютера; представлять основные элементы квантовых вентилей, операций, транспортировки информации, телепортации, коррекции ошибок в виде квантовых схем.

владеть:

методом вторичного квантования для квантового-полевого описания кубитов и управляющих импульсов; методами составления уравнений для учета квантовых диссипативных процессов в квантовых битах; основами квантовой схемотехники.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	История квантовых вычислений и основные задачи квантовой информатики.	1	1		1
2	Квантовый бит и основные однокубитные вентили.	1	1		1
3	Основные двух- и многокубитные вентили. Алгоритм Дойча.	1	1		1
4	Чистые, смешанные и запутанные состояния. Квантовая телепортация.	1	1		1
5	Квантовое преобразование Фурье и алгоритм факторизации (алгоритм Шора).	1	1		1
6	Квантовый алгоритм поиска (алгоритм Гровера).	1	1		1
7	Квантовое моделирование.	1	1		1
8	Потеря когерентности в квантовых компьютерах.	1	1		3
9	Коррекция квантовых ошибок. Квантовые коды.	1	1		6
10	Квантовый компьютер на оптических фотонах.	1	1		2
11	Квантовые вычисления на ионах в ловушках.	1	1		2
12	Сверхпроводниковые КЭД-резонаторы и кубиты.	1	1		6
13	Наноэлектромеханические системы и квантовая информатика.	1	1		2
14	Оптоэлектромеханика и квантовая информатика.	1	1		1
15	Квантовые точки в фотонных структурах и квантовая информатика.	1	1		1
Итого часов		15	15		30
Подготовка к экзамену		30 час.			

Общая трудоёмкость	90 час., 2 зач.ед.
--------------------	--------------------

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 3 (Осенний)

1. История квантовых вычислений и основные задачи квантовой информатики.

История квантовых вычислений и основные задачи квантовой информатики. Экскурс в историю квантовой механики и классической информатики. Предпосылки, обусловившие возникновение идеи квантовой обработки информации. Разбиение вычислительных задач по классам сложности. Определения и термины квантовой информатики. Основные цели и задачи квантовой информатики. Критерии ДиВинченцо, определяющие пригодность физической системы для построения квантового компьютера. Принципиальная схема архитектуры квантового компьютера. Примеры физической реализации элементов квантовых вычислений.

2. Квантовый бит и основные однокубитные вентили.

Формализация описания состояния и эволюции квантового бита (кубита) в рамках матричного подхода. Способы представления квантового состояния кубита при помощи, а) бинарных столбцов, б) дираковских кэт- и бра-обозначений и в) параметризации на сфере Блоха. Способы представления однокубитных вентилей при помощи, а) двурядных матриц, б) проекционных операторов Дирака и в) операторов поворота на сфере Блоха. Основные однокубитные вентили и их связь с матрицами Паули. Произвольный однокубитный вентиль как комбинация элементарных операторов поворота. Пример физической реализации и математического описания вентиля NOT на двухуровневом атоме.

3. Основные двух- и многокубитные вентили. Алгоритм Дойча.

Формализация описания состояния и эволюции двухкубитной системы в рамках матричного подхода. Основные двух- и многокубитные вентили. Теорема о существовании универсального набора квантовых вентилей. Пример физической реализации и математического описания двухкубитного вентиля CNOT. Принципиальная схема квантового регистра. Двоичная система представления целых чисел и ее использование для загрузки чисел в базисные состояния квантового регистра. Квантовый параллелизм. Квантовый генератор случайных чисел. Алгоритм Дойча для одношаговой идентификации бинарной функции.

4. Чистые, смешанные и запутанные состояния. Квантовая телепортация.

Определение и критерий чистых и смешанных состояний квантовой системы. Редукция матрицы плотности составной системы. Определение запутанного состояния квантовой системы. Количественная оценка меры запутанности для двух кубитов. Базис Белла. Сверхплотное кодирование и передача квантовой информации. ЭПР-парадокс и неравенства Белла. Квантовая телепортация.

5. Квантовое преобразование Фурье и алгоритм факторизации (алгоритм Шора).

Алгоритм Копперсмита реализации квантового преобразования Фурье. Элементы теории чисел. Задача о факторизации больших целых чисел. Эффективный квантовый алгоритм факторизации Шора. Криптография с открытым ключом. Взлом RSA-криптосистем при помощи алгоритма Шора. Пример реализации алгоритма Шора на 15-кубитном фотонном чипе.

6. Квантовый алгоритм поиска (алгоритм Гровера).

Задача эффективного поиска в неструктурированной базе данных. Алгоритм поиска Гровера. Квантовый оракул, итерация Гровера и их геометрическая интерпретация. Структура квантового процессора, реализующего алгоритм поиска.

7. Квантовое моделирование.

Фейнмановский подход к построению квантового компьютера. Система двухуровневых частиц (спинов) как квантовый симулятор. Вычисление собственных значений и моделирование квантовой динамики одномерной частицы. Принципы моделирования квантовых фазовых переходов газа поляритонов в рамках модели Джейнса-Каммингса-Хаббарда.

8. Потеря когерентности в квантовых компьютерах.

Неунитарный подход к описанию открытых квантовых систем. Основные понятия об уравнениях Линдблада и Ланжевена. Взаимодействие квантового компьютера с окружением и потеря когерентности. Математическая модель потери фазовой когерентности двухкубитной системой. Точность воспроизведения квантовых операций при наличии диссипации и дефазировки.

9. Коррекция квантовых ошибок. Квантовые коды.

Коррекция ошибок в классическом и квантовом битах. Мажоритарная коррекция. Классификация квантовых ошибок. Трехкубитные коды для исправления амплитудной и фазовой ошибок. Десятикубитный код Шора с измерением синдрома для диагностики и коррекции произвольной ошибки. Пассивные и активные способы подавления квантовых шумов. Теорема о помехоустойчивых квантовых вычислениях.

10. Квантовый компьютер на оптических фотонах.

Схемы инициализации и способы кодировки квантовой информации в пространственную и поляризационную степени свободы фотона. Элементы теории фазовращателей, светоделителей и ячеек Керра. Основные однокубитные квантовые вентили. Квантовая электродинамика в оптических резонаторах. Представление об искусственной нелинейной среде, создаваемой атомом в резонаторе-ловушке, для организации нетривиальных двухкубитных операций.

11. Квантовые вычисления на ионах в ловушках.

Ионы и ионные кристаллы в ловушках Пауля. Принципы доплеровского и нерезонансного охлаждения ионов. Квантовые вычисления на ионах в ловушках. Экспериментальная реализация CNOT на одиночном ионе бериллия. Примеры реализации твердотельных чипов с ионными ловушками.

12. Сверхпроводниковые КЭД-резонаторы и кубиты.

Зарядовые, фазовые и флюксоидные кубиты на сверхпроводниках. Физические принципы работы и математическая модель простейшего зарядового кубита. Способы кодирования и обработки квантовой информации в зарядовом кубите и трансмоне. Копланарный сверхпроводящий резонатор как система-посредник между двумя удаленными кубитами. Элементы микроволновой трансмиссионной спектроскопии и рефлектометрии. Перспективы масштабирования сверхпроводниковых сетей.

13. Нанoeлектромеханические системы и квантовая информатика.

Представление о микро- и нанoeлектромеxанических системах (НЭМС). Примеры применения НЭМС в качестве кантилеверов, мостиков-детекторов механического смещения и масс-спектрометров в современной нанoeлектронике. Основные направления исследований по применению НЭМС в квантовой информатике. Гибридные системы на основе НЭМС. Когерентный обмен одиночным квантом между мостиком и фазовым кубитом. Спектроскопия, термометрия и томография НЭМС.

14. Оптоэлектромеxаника и квантовая информатика.

Взаимодействие света с квантовыми механическими системами. Световое давление. Примеры оптоэлектромеxанических систем (ОЭМС). Принципиальная схема и теоретическое описание квантовых ОЭМС. Охлаждение, спектроскопия и реализация режима сильного взаимодействия в ОЭМС. Примеры гибридных систем для квантовых вычислений, включающие ОЭМС.

15. Квантовые точки в фотонных структурах и квантовая информатика.

Пространственное квантование носителей заряда в низкоразмерных наноструктурах. Типы квантовых точек (КТ). Пространственная локализация электромагнитного поля и фотонные резонаторы (ФР). Взаимодействие КТ и ФР. Принципы реализации квантовых вычислений с пространственными, спиновыми и экситонными степенями свободы электронов в КТ. Схема масштабируемых квантовых сетей на основе КТ, имплантированных в ФР.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

доска, маркеры, компьютер и мультимедийное оборудование (проектор).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Нильсен М., Чанг И. Квантовые вычисления и квантовая информация. – М: Мир, 2006.

Дополнительная литература

1. Валиев К.А., Кокин А.А. Квантовые компьютеры: надежды и реальность (2-ое изд). Москва – Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2004.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

- "1. <http://arxiv.org>
2. <http://publish.aps.org>
3. <http://www.nature.com>
4. <http://www.sciencemag.org>
5. <http://gen.lib.rus.ec/>
6. <http://www.ftian.ru>
- "

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, прослушавший курс лекций и семинаров, должен овладеть общим понятийным аппаратом и научиться применять теоретические знания на практике.

Успешное освоение курса требует:

- 1) посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом; ведение конспектов занятий; активное участие в обсуждении материала;
- 2) важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультацией к преподавателю на лекции или докладчику на занятии.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Электроника и нанoeлектроника
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: микро- и нанoeлектроника Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра нанoeлектроники и квантовых компьютеров
курс:	<u>2</u>
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен	
Разработчик:	А.В. Цуканов, канд. физ.-мат. наук, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценить качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Диагностика и мониторинг плазменных технологий микро и нанoeлектроники» обучающийся должен:

знать:

Основные принципы квантовых вычислений; общую структуру квантового компьютера; существующие квантовые алгоритмы факторизации, поиска и моделирования; отличия квантового компьютеринга от классического; основные проблемы, возникающие при разработке элементной базы квантовых компьютеров и квантовых сетей, и способы их решения; преимущества и недостатки существующих прототипов квантовых компьютеров.

уметь:

решать элементарные квантовомеханические уравнения, описывающие динамику одного и двух кубитов; оценивать время выполнения квантовых операций (тактовую частоту кубита и регистра) и времена потери когерентности для конкретной физической реализации квантового компьютера; представлять основные элементы квантовых вентилях, операций, транспортировки информации, телепортации, коррекции ошибок в виде квантовых схем.

владеть:

методом вторичного квантования для квантового-полевого описания кубитов и управляющих импульсов; методами составления уравнений для учета квантовых диссипативных процессов в квантовых битах; основами квантовой схемотехники.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью проведения текущего контроля успеваемости предусмотрен краткий опрос по теме предыдущего занятия/

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы к экзамену:

1. Основные задачи квантовой информатики
2. Квантовый бит и основные однокубитные вентили
3. Основные двух- и многокубитные вентили. Алгоритм Дойча.
4. Чистые, смешанные и запутанные состояния. Квантовая телепортация.
5. Квантовое преобразование Фурье и алгоритм факторизации (алгоритм Шора)
6. Квантовый алгоритм поиска (алгоритм Гровера)
7. Квантовое моделирование.
8. Потеря когерентности в квантовых компьютерах.

9. Коррекция квантовых ошибок. Квантовые коды.
10. Квантовый компьютер на оптических фотонах
11. Квантовые вычисления на ионах в ловушках
12. Сверхпроводниковые КЭД-резонаторы и кубиты
13. Нанoeлектромеханические системы и квантовая информатика
14. Оптоэлектромеханика и квантовая информатика
15. Квантовые точки в фотонных структурах и квантовая информатика

Примеры экзаменационных билетов:

Пример 1.

1. Основные задачи квантовой информатики
2. Квантовый бит и основные однокубитные вентили

Пример 2.

1. Нанoeлектромеханические системы и квантовая информатика
2. Оптоэлектромеханика и квантовая информатика

Критерии оценивания

10 баллов — (ПРЕВОСХОДНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

9 баллов — (ОТЛИЧНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы, полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

8 баллов — (ПОЧТИ ОТЛИЧНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины (методами комплексного анализа, техникой информационных технологий), умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы;

- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку с позиций государственной идеологии (по дисциплинам социально-гуманитарного цикла);
- активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

7 баллов — (ОЧЕНЬ ХОРОШО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
- использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

6 баллов — (ХОРОШО):

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы;
- использование необходимой научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку; активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

5 баллов — (ПОЧТИ ХОРОШО):

- достаточные знания в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

4 балла — (УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО), ЗАЧТЕНО:

- достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку;
- работа под руководством преподавателя на практических, лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.

3 балла — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО), НЕЗАЧТЕНО:

- недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта;

- знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными лингвистическими и логическими ошибками;
- слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач;
- неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

2 балла — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО):

- фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта;
- знания отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины;
- неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответе грубых стилистических и логических ошибок;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

1 балл — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО):

- отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа.

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

При проведении экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету не должен превышать одного часа в устной форме.