

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
электроники, фотоники и  
молекулярной физики  
А.С. Батурин**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Введение в квантовые информационные технологии
<b>по направлению:</b>	Электроника и нанoeлектроника
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: микро- и нанoeлектроника Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра микро- и нанoeлектроники
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Экзамен

2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Подготовка к экзамену: 60 час.

Всего часов: 180, всего зач. ед.: 4

Программу составил: Ю.И. Богданов, д-р физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры микро- и нанoeлектроники 19.02.2025

## Аннотация

Курс "Введение в квантовые информационные технологии" предусматривает изучение основных принципов квантовой информатики и квантовых информационных технологий. Предметом рассмотрения являются основные математические модели и методы, положенные в основу квантовой информатики и квантовых вычислений.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- изучение основных принципов квантовой информатики и квантовых информационных технологий, рассмотрение основных математических моделей и методов, положенных в основу квантовой информатики и квантовых вычислений.

#### Задачи дисциплины

- изучение принципов квантовых информационных технологий;
- овладение основами квантовой информатики и квантовых вычислений, получение навыков в решении задач в рассматриваемых областях;
- выработка опыта в самостоятельном построении и анализе простейших квантовых схем и квантовых информационных процессов.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
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:

- изучение принципов квантовых информационных технологий;
- овладение основами квантовой информатики и квантовых вычислений, получение навыков в решении задач в рассматриваемых областях;
- выработка опыта в самостоятельном построении и анализе простейших квантовых схем и квантовых информационных процессов.

уметь:

- проводить анализ квантовых систем и операций;
- решать задачи в области квантовой информатики;
- анализировать различные физические платформы для квантовых вычислений.

владеть:

- методами анализа квантовых информационных процессов;
- современными методами описания квантовых информационных систем;
- методами решения задач в области квантовой информатики.

#### 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	Квантовая механика и развитие информационных технологий	2			2
2	Три кита, на которых держится мир квантовых явлений. Природа квантовых статистических явлений	2			2
3	Взаимно-дополнительные координатное и импульсное представления в квантовой механике	2			2
4	Квантовый бит (кубит) и его свойства	2			2
5	Системы кубитов. Двухуровневые и многоуровневые преобразования	2			2
6	Представление характеристической функции в виде свертки волновой функции в импульсном представлении. Теорема Хинчина	2			2
7	Состояния Белла. Эффект Эйнштейна - Подольского – Розена. Неравенство Белла и его нарушение в квантовых измерениях	2			2
8	Точность статистических характеристик в квантовой информатике.	2			2

9	Информация Шмидта как мера неслучайности ЭПР-корреляций. Формула для информации Шмидта	2			2
10	Кубиты, кватернионы и преобразования Лоренца. Часть 1	2			2
11	Кубиты, кватернионы и преобразования Лоренца. Часть 2	2			2
12	Алгоритмы сверхплотного кодирования и квантовой телепортации	2			2
13	Булевы функции в квантовой информатике. Квантовый параллелизм.	2			2
14	Квантовое преобразование Фурье.	2			2
15	Квантовое распределение ключа.	2			2
16	История возникновения современной квантовой механики.	2			2
17	Квантовый алгоритм поиска Гровера	2			2
18	Оптические квантовые технологии	2			2
19	Получение когерентного состояния путем действия оператора сдвига на вакуумное состояние	2			2
20	Статистика фотонов	2			2
21	Условные распределения, отвечающие вычитанию (отщеплению) фотонов	2			2
22	Метод максимального правдоподобия	2			2
23	Квантовые операции, декогерентизация и квантовые шумы	2			2
24	Кубит на спиновом магнитном резонансе	2			2
25	Поляризационный кубит с учетом фазового шума и деполяризации	2			2
26	Квантование электромагнитного поля	2			2
27	Квантовые компьютеры на основе ионов и атомов в ловушках с учетом декогерентизации	2			2
28	Сверхпроводниковые кубиты с учетом декогерентизации и квантовых шумов	2			2
29	Кубиты на основе квантовых точек с учетом декогерентизации и квантовых шумов	2			2
30	Моделирование квантовых систем с использованием квантовых компьютеров и симуляторов	2			2
Итого часов		60			60
Подготовка к экзамену		60 час.			
Общая трудоёмкость		180 час., 4 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

##### 1. Квантовая механика и развитие информационных технологий

Введение. Квантовая механика и развитие информационных технологий. Закон Мура и развитие информационных технологий. Алгоритмическая сложность моделирования квантовых систем на классических компьютерах. Примеры актуальных для материаловедения и медицины задач, которые недоступны для современных и перспективных суперкомпьютеров. Необходимость разработки квантовых компьютеров и симуляторов. Общие требования, необходимые для реализации квантовых компьютеров и симуляторов.

2. Три кита, на которых держится мир квантовых явлений. Природа квантовых статистических явлений

Три кита, на которых держится мир квантовых явлений. Природа квантовых статистических явлений. Объективная случайность. Принцип дополнительности Нильса Бора. Квантовая запутанность и квантовые корреляции. Взаимно-дополнительные координатное и импульсное представления в квантовой механике. Статистическая интерпретация прямого и обратного преобразований Фурье. Координатное и импульсное распределения. Принцип дополнительности Н. Бора в контексте координатного и импульсного распределений. Взаимно-дополнительные распределения в опыте Юнга. Анализ экспериментов «который путь».

3. Взаимно-дополнительные координатное и импульсное представления в квантовой механике

Характеристические функции. Понятие характеристической функции. Представление характеристической функции распределения в виде свёртки в канонически-сопряжённом пространстве.

4. Квантовый бит (кубит) и его свойства

Примеры реализации кубитов посредством различных двухуровневых систем: поляризационный кубит, спиновой кубит, кубиты на основе долгоживущих уровней в ионах и атомах. Реализация произвольного состояния кубита посредством унитарного поворота. Измерение кубитов. Основные однокубитовые квантовые логические элементы.

5. Системы кубитов. Двухуровневые и многоуровневые преобразования

Системы кубитов. Двухуровневые и многоуровневые преобразования. Описание системы кубитов. Двухкубитовые и многокубитовые квантовые элементы. Управляемое НЕ. Элемент Тоффоли. Преобразование Уолша-Адамара и его свойства. Теорема о невозможности клонирования неизвестного квантового состояния

6. Представление характеристической функции в виде свертки волновой функции в импульсном представлении. Теорема Хинчина

Теорема Хинчина. Вычисление среднего и моментов. Неполнота классической и полнота квантовой статистики. Связь характеристических функций с операторами координаты и импульса в координатном и импульсном представлении. Фундаментальные коммутационные соотношения и квантовые статистические явления.

7. Состояния Белла. Эффект Эйнштейна - Подольского – Розена. Неравенство Белла и его нарушение в квантовых измерениях

Несводимость квантовой механики к теориям со скрытыми (латентными) параметрами.

8. Точность статистических характеристик в квантовой информатике.

Неравенство Коши-Буняковского для векторов состояний. Неравенство Коши-Буняковского в приложении к случайным величинам и соотношениям неопределенностей Гейзенберга и Шредингера-Робертсона

9. Информация Шмидта как мера неслучайности ЭПР-корреляций. Формула для информации Шмидта

Разложение Шмидта. Моды Шмидта. Число Шмидта.

10. Кубиты, кватернионы и преобразования Лоренца. Часть 1

Основы релятивистской динамики.

11. Кубиты, кватернионы и преобразования Лоренца. Часть 2

Импульсно- энергетический инвариант.

12. Алгоритмы сверхплотного кодирования и квантовой телепортации

Алгоритмы Дойча и Дойча- Джозсы.

13. Булевы функции в квантовой информатике. Квантовый параллелизм.

Квантовое представление булевых функций. Унитарные матрицы, квантовые схемы, полиномы Жегалкина.

14. Квантовое преобразование Фурье.

Квантовое преобразование Фурье. Алгоритм нахождения периода функции с использованием преобразования Фурье.

15. Квантовое распределение ключа.

Алгоритм факторизации Шора. Квантовая криптография. Протокол BB84

Семестр: 2 (Весенний)

16. История возникновения современной квантовой механики.

История возникновения современной квантовой механики. Матричная квантовая механика, работы Гейзенберга, Борна и Иордана, работы Дирака. Принцип соответствия и переход от классических представлений к квантовым. История возникновения и развития квантовых информационных технологий.

17. Квантовый алгоритм поиска Гровера

Квантовый алгоритм поиска Гровера. Квантовое исправление ошибок.

18. Оптические квантовые технологии

Оптические квантовые технологии. Когерентное состояние как суперпозиция фоковских состояний. Когерентное состояние как собственная функция оператора уничтожения.

19. Получение когерентного состояния путем действия оператора сдвига на вакуумное состояние

Получение когерентного состояния путем действия оператора сдвига на вакуумное состояние. Оператор сжатия. Сжатые оптические квантовые состояния.

20. Статистика фотонов

Статистика фотонов. Производящие функции и их свойства, факториальные моменты. Пуассоновская статистика фотонов, производящая функция распределения Пуассона. Компонент-распределение Пуассона. Производящая функция и распределение вероятностей.

## 21. Условные распределения, отвечающие вычитанию (отщеплению) фотонов

Условные распределения, отвечающие вычитанию (отщеплению) фотонов. Делитель пучка, корреляция каналов. Автокорреляционные функции.

## 22. Метод максимального правдоподобия

Метод максимального правдоподобия. Коревоу подход, реконструкция квантового состояния. Вероятность совпадения (fidelity) неизвестного квантового состояния и его реконструкции, теорема Ульмана.

## 23. Квантовые операции, декогерентизация и квантовые шумы

Квантовые операции, декогерентизация и квантовые шумы. Концепция полной положительности. Операторное разложение. Формализм Чоя- Ямилковского. Хи-матрица квантовой операции.

## 24. Кубит на спиновом магнитном резонансе

Кубит на спиновом магнитном резонансе. Амплитудная и фазовая релаксация состояний кубитов

## 25. Поляризационный кубит с учетом фазового шума и деполяризации

Поляризационный кубит с учетом фазового шума и деполяризации. Спиральность электромагнитного поля. Когерентное состояние электромагнитного поля в резонаторе

## 26. Квантование электромагнитного поля

Квантование электромагнитного поля. Поляризационное преобразование, задаваемое оптической фазовой пластинкой с учетом фазовой декогерентизации

## 27. Квантовые компьютеры на основе ионов и атомов в ловушках с учетом декогерентизации

Квантовые компьютеры на основе ионов и атомов в ловушках с учетом декогерентизации. Атомы и ионы в ловушках. Взаимодействие атома или иона в ловушке с электромагнитным полем. Описание процессов декогерентизации.

## 28. Сверхпроводниковые кубиты с учетом декогерентизации и квантовых шумов

Сверхпроводниковые кубиты с учетом декогерентизации и квантовых шумов. Эффект Джозефсона. Уравнения для джозефсоновского перехода. Джозефсоновский переход под токовым смещением (управлением). Уравнение маятника. Квантование квази- механической системы. Зарядовый, потоковый и фазовый кубиты. Сверхпроводниковые кубиты в резонаторах. Измерение сверхпроводниковых кубитов.

## 29. Кубиты на основе квантовых точек с учетом декогерентизации и квантовых шумов

Кубиты на основе квантовых точек с учетом декогерентизации и квантовых шумов. Квантовые точки в резонаторе. Теория Флоке (квантовая точка в резонаторе в поле лазерного излучения).

## 30. Моделирование квантовых систем с использованием квантовых компьютеров и симуляторов

Моделирование квантовых систем с использованием квантовых компьютеров и симуляторов. Алгоритм Залки-Визнера. Задача вычисления минимального собственного значения гамильтониана. Квантовый алгоритм оценивания фазы QPE (Quantum Phase Estimation). Квантовый вариационный алгоритм нахождения собственных значений гамильтониана VQE (Variational Quantum Eigensolver). Моделирование физических систем, которые описываются обобщенными моделями Изинга и Хаббарда.

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

Учебная аудитория, снабженная доской, экраном, проектором.

## **6. Перечень рекомендуемой литературы**

### **Основная литература**

Литература выдается на базовой кафедре:

1. Богданов Ю.И., Богданова Н.А., Лукичев В.Ф. Введение в квантовые информационные технологии – М.: Техносфера. 2024. – 468 с.
2. Нильсен М, Чанг И. Квантовые вычисления и квантовая информация: Пер. с англ. Под ред. М.Н. Вялого и П.М. Островского с предисловием К.А. Валиева. - М.: Мир. 2006. 824 с.
3. Валиев К.А., Кокин А.А. Квантовые компьютеры: Надежды и реальность. 2-е изд., исп. М.-Ижевск: НИЦ РХД, 2002. 320 с.

### **Дополнительная литература**

Литература выдается на базовой кафедре:

1. Физика квантовой информации. Квантовая криптография. Квантовая телепортация. Квантовые вычисления // Под. ред. Д.Боумейстера, А.Экерта, А. Цайлингера; Пер. с англ. под ред. С.П.Кулика и Т.А.Шмаонова. М. Постмаркет. 2002. 376с.
2. Прескилл Дж. Квантовая информация и квантовые вычисления. Том.1. М.-Ижевск. РХД. 2008. 464с.
3. Валиев К.А. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления // Успехи Физических Наук. 2005. Т.175. №1. С.3-39.

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

Не используются

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

Не предусмотрены.

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

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:



- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Успешная сдача экзамена подразумевает, что студент:

- ориентируется в литературе по предмету и в состоянии быстро найти необходимые формулы и справочные материалы;
- способен решить типовые задачи и найти кратчайший путь к решению, что особенно ценно;
- способен довести решение до численного значения;
- понимает ограничения и допустимые пределы использования тех или иных приближений.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Электроника и нанoeлектроника
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: микро- и нанoeлектроника Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра микро- и нанoeлектроники
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестры, формы промежуточной аттестации:	
1 (осенний) - Экзамен	
2 (весенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	Ю.И. Богданов, д-р физ.-мат. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
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 «Введение в квантовые информационные технологии» обучающийся должен:

### знать:

- изучение принципов квантовых информационных технологий;
- овладение основами квантовой информатики и квантовых вычислений, получение навыков в решении задач в рассматриваемых областях;
- выработка опыта в самостоятельном построении и анализе простейших квантовых схем и квантовых информационных процессов.

### уметь:

- проводить анализ квантовых систем и операций;
- решать задачи в области квантовой информатики;
- анализировать различные физические платформы для квантовых вычислений.

### владеть:

- методами анализа квантовых информационных процессов;
- современными методами описания квантовых информационных систем;
- методами решения задач в области квантовой информатики.

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

В целях текущего контроля успеваемости на занятии может проводиться краткий опрос по темам предыдущего занятия.

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

Вопросы для проведения экзамена в осеннем семестре:

1. Принцип дополнительности Н. Бора. Статистическая интерпретация прямого и обратного преобразований Фурье. Координатное и импульсное распределения.
2. Дельта- функция, ее преобразование Фурье и другие свойства.
3. Представление характеристической функции в виде свертки волновой функции в импульсном представлении. Теорема Хинчина.
4. Неравенство Коши- Буняковского для векторов состояния и его статистическая интерпретация.
5. Неравенство Коши- Буняковского в приложении к случайным величинам.
6. Соотношение неопределенностей Гейзенберга для координаты и импульса.
7. Соотношение неопределённостей Шредингера- Робертсона.
8. Разложение Шмидта. Моды Шмидта. Число Шмидта.
9. Информация Шмидта как мера неслучайности ЭПР-корреляций. Формула для информации Шмидта.
10. Квантовый бит (кубит) и его свойства. Реализация произвольного состояния кубита посредством унитарного поворота.
11. Композиция двух поворотов на сфере Блоха. Кватернионы и их представление посредством матриц Паули.
12. Спинорное представление преобразований Лоренца. Основы релятивистской динамики. Импульсно- энергетический инвариант.
13. Описание системы кубитов. Измерение кубитов. Теорема о невозможности клонирования неизвестного квантового состояния
14. Основные однокубитовые квантовые логические элементы. Преобразование Уолша-Адамара и его свойства
15. Двухкубитовые и многокубитовые квантовые элементы. Управляемое НЕ. Элемент Тоффли.
16. Состояния Белла. Эффект Эйнштейна - Подольского – Розена. Нарушение неравенства Белла.
17. Сверхплотное кодирование. Телепортация.
18. Алгоритмы Дойча и Дойча- Джозсы. Квантовое представление булевых функций. Унитарные матрицы и квантовые схемы, отвечающие булевым функциям.
19. Квантовое преобразование Фурье. Алгоритм нахождения периода функции с использованием преобразования Фурье. Алгоритм факторизации Шора.
20. Квантовое распределение ключа. Протокол BB84.

Примеры экзаменационных билетов:

Пример 1:

1. Сверхплотное кодирование. Телепортация.
2. Дельта- функция, ее преобразование Фурье и другие свойства.

Пример 2:

1. Алгоритмы Дойча и Дойча- Джозсы. Квантовое представление булевых функций. Унитарные матрицы и квантовые схемы, отвечающие булевым функциям.
2. Описание системы кубитов. Измерение кубитов. Теорема о невозможности клонирования неизвестного квантового состояния .

Вопросы для проведения экзамена в весеннем семестре:

1. История возникновения современной квантовой механики.
2. Квантовый алгоритм поиска Гровера
3. Оптические квантовые технологии
4. Получение когерентного состояния путем действия оператора сдвига на вакуумное состояние
5. Статистика фотонов
6. Условные распределения, отвечающие вычитанию (отщеплению) фотонов
7. Метод максимального правдоподобия
8. Квантовые операции, декогерентизация и квантовые шумы
9. Кубит на спиновом магнитном резонансе
10. Поляризационный кубит с учетом фазового шума и деполяризации
11. Квантование электромагнитного поля
12. Квантовые компьютеры на основе ионов и атомов в ловушках с учетом декогерентизации
13. Сверхпроводниковые кубиты с учетом декогерентизации и квантовых шумов
14. Кубиты на основе квантовых точек с учетом декогерентизации и квантовых шумов
15. Моделирование квантовых систем с использованием квантовых компьютеров и симуляторов

Примеры экзаменационных билетов:

Пример 1:

1. Кубиты на основе квантовых точек с учетом декогерентизации и квантовых шумов
2. Квантовые операции, декогерентизация и квантовые шумы

Пример 2:

1. Квантовые компьютеры на основе ионов и атомов в ловушках с учетом декогерентизации
2. Кубит на спиновом магнитном резонансе

#### Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему систематизированные знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

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

Экзамены в осеннем и весеннем семестрах проводится в устном формате по билетам. В билете два теоретических вопроса. На подготовку к ответу предоставляется 40 минут. Опрос студента на экзамене не должен превышать 1 часа.