

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

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
радиотехники и компьютерных
технологий**

Д.А. Гаврилов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Основы цифровой электроники
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий центр образовательных программ ФРКТ
курс:	3
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 90 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 60 час.

Самостоятельная работа: 150 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 270, всего зач. ед.: 6

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: М.А. Дунаева, канд. техн. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании центра образовательных программ ФРКТ 31.10.2023

Аннотация

Курс знакомит студентов с основными принципами цифровой электроники, с логикой работы базовых цифровых элементов, подготовит студентов к грамотному применению цифровых устройств и к возможности проектирования и создания новых цифровых устройств на современной элементной базе. Лекции сопровождаются выполнением лабораторных работ, в ходе которых студенты приобретут навыки работы с цифровыми схемами, в том числе освоят их проектирование и исследование с применением программируемых логических интегральных схем (ПЛИС)

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- ознакомление студентов с основными принципами цифровой электроники и практическим применением этих принципов. Задачей курса является подготовка студентов к грамотному применению цифровых устройств и к возможности проектирования и создания новых цифровых устройств на современной элементной базе.

Задачи дисциплины

- освоение студентами базовых знаний в области цифровой электроники;
- приобретение студентами навыков работы с цифровыми схемами, в том числе их расчет, исследование и умение практического использования программируемых логических интегральных схем (ПЛИС);
- приобретение студентами навыков работы с измерительными приборами.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- логику работы устройств, используемых в цифровой электронике, основные принципы, используемые при синтезе и анализе цифровых устройств, включая программируемые интегральные схемы.

уметь:

- понимать возможности современной цифровой электроники и уметь формулировать требования к создаваемой радиоэлектронной аппаратуре с учетом этих возможностей.

владеть:

- методами анализа и синтеза цифровых устройств.

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	Комбинационные логические устройства	4		4	18
2	Методы дискретизации	6		12	18
3	Последовательностные логические устройства	4		6	19
4	Программируемые интегральные схемы	6		12	19
5	Простейшие логические схемы	2		4	19
6	Цепи с распределенными параметрами	2		12	19
7	Электронная память	4			19
8	Элементы импульсной техники	2		10	19
Итого часов		30		60	150
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		270 час., 6 зач.ед.			

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

Семестр: 6 (Весенний)

1. Комбинационные логические устройства

Шифраторы и дешифраторы, мультиплексоры, преобразователи кодов. Элементы арифметическо-логических устройств: компараторы, сумматоры, схема ускоренного переноса.

2. Методы дискретизации

Дискретизация по времени: теорема о выборках (Котельникова–Шеннона); схемы выборки и хранения.

Методы аналого-цифрового преобразования: быстродействие и погрешности современных аналого-цифровых преобразователей.

3. Последовательностные логические устройства

Элементарные логические схемы с памятью: асинхронные и синхронные устройства. RS-, D- и T-защелки, D-триггер с переключением по фронту тактового сигнала. Счетчики. Регистры сдвига. Генерирование псевдослучайных последовательностей.

4. Программируемые интегральные схемы

Программируемые интегральные схемы.

Программируемые типа CPLD. Интегральные схемы типа FPGA. ПЛИС семейства SPARTAN. Описание структуры ИС SPARTAN: блок ввода-вывода, конфигурируемый логический блок, программируемая трассировочная матрица. Принципы проектирования систем на основе программируемых матричных кристаллов.

5. Простейшие логические схемы

Логические схемы И–НЕ и ИЛИ–НЕ в КМОП-логике. Электрические свойства логических схем, переходные процессы в логических схемах. «Гонки» в комбинационных устройствах. ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ–ИЛИ и другие элементарные логические схемы. Схемы с 3-мя состояниями.

6. Цепи с распределенными параметрами

Длинные линии. Волновые параметры. Отражение, стоячие волны, коэффициент отражения. Переходные процессы в длинной линии. Методы согласования.

7. Электронная память

Асинхронные и синхронные запоминающие устройства. Постоянные запоминающие устройства. Оперативные запоминающие устройства. Статические оперативные запоминающие устройства. Динамические оперативные запоминающие устройства.

8. Элементы импульсной техники

Поведение широкополосных систем с глубокой положительной обратной связью: триггер Шмита, самовозбуждающийся и ждущий мультивибраторы, генерирование колебаний треугольной (пилообразной) формы.

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

Необходимое лабораторное оснащение:

- 1) Информационно-измерительный комплекс на рабочем месте каждого студента, включающий компьютер, двухлучевой цифровой осциллограф и цифровой генератор сигналов, частотомер, источник питания 3-х канальный;
- 2) Сопрягаемые с компьютерными генератором и осциллографом макетные платы для самостоятельного изготовления схем и работы с готовыми макетами;
- 3) Необходимые радиоэлектронные компоненты: резисторы, конденсаторы, транзисторы, интегральные схемы, кабели, соединительные провода;
- 4) Лабораторный инструмент.

Необходимое оборудование для лекций:

- 1) Стандартная учебная аудитория;
- 2) Компьютер, беспроводной проектор, экран.

Обеспечение самостоятельной работы.

Самостоятельная работа студента обеспечивается наличием индивидуального рабочего места в лаборатории, оборудованного комплектом приборов и доступом в локальную сеть кафедры. Доступа в Интернет нет.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Полупроводниковая схемотехника [Текст] : в 2 т. Т. 2 / У. Титце, К. Шенк ; пер. с нем. Г. С. Карабашева .— М. : Додэка-XXI, 2008 .— 942 с.

Дополнительная литература

1. Основы цифровой электроники [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. Л. Ларин ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : МФТИ, 2014 .— 281 с.

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)

Набор специальных учебных программ для Micro-Cap.

Система автоматического проектирования WEBPack ISE.

Учебные пособия, методические указания, описания лабораторных работ в электронном виде в формате Word, PDF. Необходимое программное обеспечение: Adobe Reader, Micro-Cap, WEBPack ISE.

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

Студент, изучающий данный курс, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях;
- подготовку к лабораторным занятиям, контрольной работе, экзамену.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Изучаемая дисциплина относится к техническим. Особенностью дисциплин этого рода является сложность их восприятия с нуля по литературным источникам в силу обилия плохо формализуемых представлений и правдоподобных рассуждений. Это обуславливает крайнюю актуальность слушания лекционного курса, в котором основные положения дисциплины преподносятся на принятом в инженерной практике техническом языке и расставляются акценты на наиболее существенные моменты. Слушание лекционного курса существенно облегчает чтение рекомендованной литературы.

Помимо формальных знаний освоение любой технической дисциплины связано с приобретением хотя бы минимального объема практических навыков.

В данном курсе эти навыки приобретаются при выполнении лабораторного практикума. Для успешного выполнения лабораторных работ следует:

- 1) Перед началом работы потратить некоторое время на ознакомление с ее теоретическим содержанием, с тем, чтобы при выполнении экспериментальных заданий иметь хотя бы общее представление о том, что происходит и какие результаты являются ожидаемыми.

2) В процессе работы аккуратно фиксировать полученные экспериментальные данные с тем, чтобы по прошествии двух-трех недель они могли стать предметом обсуждения при сдаче работы.

3) При подготовке к сдаче привести полученные данные к виду, пригодному для обсуждения – построить необходимые графики, заполнить таблицы и т. п.

К моменту сдачи лабораторной работы, относящиеся к ее содержанию теоретические положения должны быть изучены и осмыслены.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий центр образовательных программ ФРКТ
курс:	<u>3</u>
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Экзамен	
Разработчик:	М.А. Дунаева, канд. техн. наук, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Основы цифровой электроники» обучающийся должен:

знать:

- логику работы устройств, используемых в цифровой электронике, основные принципы, используемые при синтезе и анализе цифровых устройств, включая программируемые интегральные схемы.

уметь:

- понимать возможности современной цифровой электроники и уметь формулировать требования к создаваемой радиоэлектронной аппаратуре с учетом этих возможностей.

владеть:

- методами анализа и синтеза цифровых устройств.

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

Текущий контроль осуществляется в форме устного опроса перед началом лабораторного занятия по материалу прошедшей лекции и в конце занятия по полученным экспериментальным данным.

Умение разработать типовую комбинаторную цифровую схему.

Умение разработать и проанализировать работу конечного автомата.

Умение разработать, отладить и синтезировать дизайн цифрового устройства для ПЛИС

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

Критерии оценивания

Оценка «отлично (10)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на все 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «отлично (9)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 9 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «отлично (8)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 8 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «хорошо (7)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 7 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «хорошо (6)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 6 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «хорошо (5)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 5 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «удовлетворительно (4)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 4 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «удовлетворительно (3)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 3 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 2 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 1 из 10 заданных ему вопросов.

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

3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

Промежуточная аттестация по дисциплине «Основы цифровой электроники» осуществляется в форме экзамена. Экзамен проводится в устной форме.

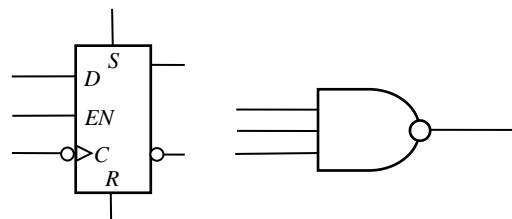
Перечень контрольных вопросов:

1. Компаратор аналоговых сигналов. Триггер Шмита.
2. Мультивибратор.
3. Ждущий мультивибратор.
4. Генератор напряжения треугольной формы.
5. Логические функции, сигналы и вентили.
6. Логические КМОП-схемы.
7. КМОП-схемы И-НЕ и ИЛИ-НЕ.
8. Динамические свойства КМОП-схем.
9. Схемы с тремя состояниями.
10. Дешифраторы и шифраторы.
11. Приоритетный шифратор
12. Мультиплексоры.
13. Логические элементы ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ-ИЛИ и проверка на четность.
14. Логические ключи и их применение.
15. Временные соотношения в логических схемах. Временные диаграммы.
16. Гонки в комбинационных схемах.
17. Компаратор двоичных слов.
18. Полусумматор и полный сумматор.
19. Сумматоры со сквозным и ускоренным переносом.
20. Последовательностные логические схемы. Элемент с двумя устойчивыми состояниями.
21. RS-защелка.
22. D-защелка. D-защелка с использованием ключей.
23. D-триггер, переключающийся по фронту.
24. T-триггер. Двоичный счетчик на T-триггерах.
25. Счетчики с последовательным и параллельным переносом.
26. Реверсивный счетчик
27. Счетчики по модулю $m \neq 2^n$.
28. Регистры сдвига.
29. Счетчики на регистрах сдвига.
30. Генераторы псевдослучайных последовательностей.
31. Постоянные запоминающие устройства (ПЗУ).
32. Двумерная адресация в запоминающих устройствах.
33. Перепрограммируемые ПЗУ (EPROM).
34. Статические оперативные запоминающие устройства (ОЗУ).
35. Динамические оперативные запоминающие устройства (ОЗУ).
36. Временные параметры динамического ОЗУ.
37. Синхронные динамические ОЗУ.
38. Память DDR SDRAM. Временные диаграммы работы памяти.
39. Организация флеш-памяти NAND и NOR.
40. Интегральные схемы типа CPLD.
41. Интегральные схемы типа FPGA.
42. Реализация логических функций в микросхемах FPGA.
43. Программируемая трассировочная матрица FPGA.
44. Конфигурируемый логический блок микросхем FPGA.
45. Организация блоков ввода-вывода микросхем FPGA

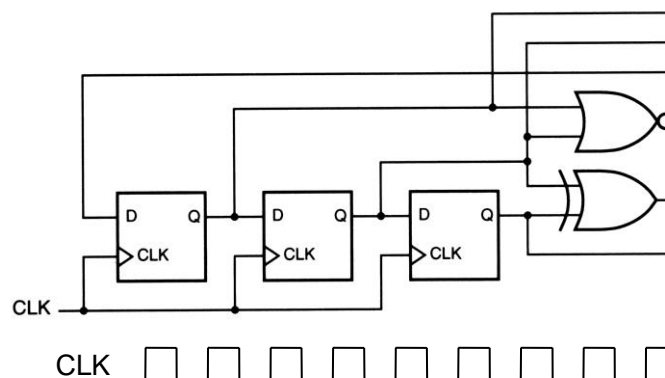
46. Аналого-цифровое преобразование. Частота Найквиста.
47. Цифро-аналоговые преобразователи.
48. АЦП последовательного счета. Следящий АЦП.
49. АЦП с двухтактным интегрированием.
50. АЦП поразрядного уравнивания.
51. Устройства выборки и хранения.
52. Сигма-дельта АЦП.
53. Параллельный АЦП.

Примеры контрольных заданий:

1. Используя любое количество элементов, изображенных ниже, составить схему синхронного счетчика по модулю 7. Нарисовать временные диаграммы, иллюстрирующие работу счетчика.



2. Изобразить сигналы на выходах Q0, Q1, Q2. Определить период повторения сигналов. Начальное состояние триггеров нулевое.



X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	Y0	Y1	Y2
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
*	1	0	0	0	0	0	0	1	0
*	*	1	0	0	0	0	1	1	0
*	*	*	1	0	0	0	0	0	1
*	*	*	*	1	0	0	1	0	1
*	*	*	*	*	1	0	0	1	1

3. Составить из вентилей И-НЕ схему, реализующую следующую таблицу истинности:

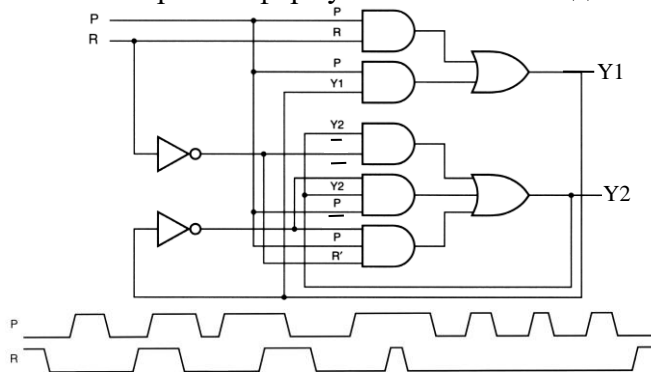
Примеры экзаменационных билетов

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 19

Дисциплина *Основы цифровой электроники* Кафедра радиотехники и систем управления

1. Схемы с тремя состояниями.

2. Изобразить форму сигнала на выходах Y1 и Y2.

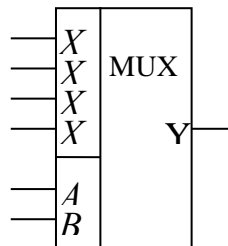


ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 26

Дисциплина *Основы цифровой электроники*

Кафедра радиотехники и систем управления

1. Счетчики по модулю $m \neq 2^n$.
2. Составить таблицу истинности 4-входового мультиплексора и нарисовать его схему на вентилях И-НЕ.

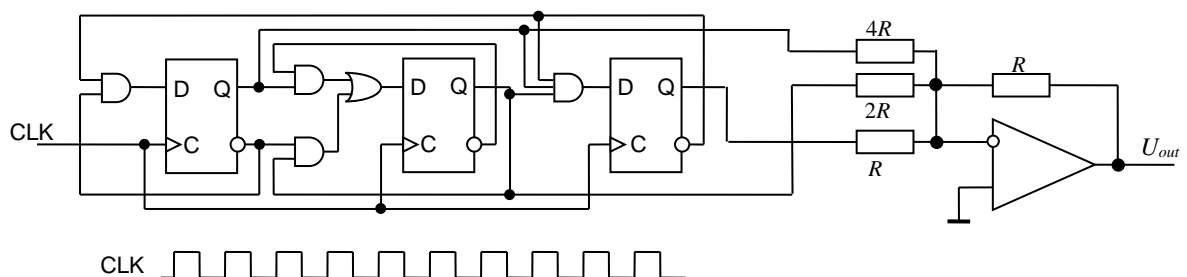


ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 62

Дисциплина *Основы цифровой электроники*

Кафедра радиотехники и систем управления

1. Организация программируемых микросхем FPGA.
2. Нарисовать U_{out} . Начальное состояние триггеров 0, 0, 1.



4. Критерии оценивания

Оценка	Баллы	Критерии
отлично	10	выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений
	9	выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений
	8	выставляется студенту, показавшему достаточно глубокие знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, допуская при этом незначительные погрешности
хорошо	7	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
	6	выставляется студенту, если он недостаточно твердо знает материал, но по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач неточности
	5	выставляется студенту, если он не твердо знает материал, излагает его с ошибками, может применять полученные знания на практике, но допускает при этом ошибки
удовлетворительно	4	выставляется студенту, показавшему фрагментарный, характер знаний, недостаточно точные формулировки базовых понятий, но при этом владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации
	3	выставляется студенту, показавшему фрагментарный, характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом владеет основными понятиями большей части разделов учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации
неудовлетворительно	2	выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач
	1	выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач

За каждый вопрос билета студент получает от 0 до 5 баллов в зависимости от полноты представленного ответа (решения). Количество набранных баллов определяет оценку за экзамен:

Оценка	Набранные баллы
отлично (10)	более 9
отлично (9)	от 8 до 9 включительно
хорошо (8)	от 7 до 8 включительно
хорошо (7)	от 6 до 7 включительно
хорошо (6)	от 5 до 6 включительно
удовлетворительно (5)	от 4 до 5 включительно
удовлетворительно (4)	от 3 до 4 включительно
удовлетворительно (3)	от 2 до 3 включительно
неудовлетворительно (2)	от 1 до 2 включительно
неудовлетворительно (1)	не более 1

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

Для устного экзамена:

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 40 минут на подготовку ответа. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время подготовки к ответу студенты могут пользоваться программой дисциплины, а также конспектом лекций.