

**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:	Технология оптоэлектронных приборов
по направлению:	Электроника и нанoeлектроника
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: микро- и нанoeлектроника Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра физической электроники
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 90 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 45 час.

лабораторные занятия: 30 час.

Самостоятельная работа: 105 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 225, всего зач. ед.: 5

Программу составил: К.О. Болтарь, д-р физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры физической электроники 29.05.2020

Аннотация

Курс "Технология оптоэлектронных приборов" предусматривает изучение технологических основ создания оптоэлектронных приборов ИК-диапазона.

Задачи курса:

- Ознакомление с принципами технологии создания оптоэлектронных приборов ИК-диапазона;
- Изучение физических основ работы и технологических основ создания оптоэлектронных приборов ИК-диапазона в том числе фотонных и тепловых приёмников излучения;
- Ознакомление с современными оптоэлектронными приборами ИК-диапазона (Конструкция, технология создания, основные применения, системы и аппаратура применения; и т.д.).

По результатам освоения курса студент должен:

Знать:

- физические основы работы и технологические основы создания оптоэлектронных приборов ИК-диапазона в том числе фотонных и тепловых приёмников излучения приёмников оптического излучения (ФП) и фотоприёмных устройств (ФПУ) на их основе;
- области применения ФП и ФПУ;
- предельные параметры ФП и ФПУ;
- основные технологические приемы и методы изготовления ФП и ФПУ;
- современное состояние, научно-технические и технологические проблемы и перспективы развития оптоэлектронных приборов ИК-диапазона.

Уметь:

- оценить и аргументировать применение оптоэлектронных приборов ИК-диапазона при решении конкретных технических задач;
- определить технические возможности имеющейся технологии изготовления оптоэлектронных приборов ИК-диапазона для создания ФПУ с заданными характеристиками;
- определять предельный и реально достижимый уровень параметров оптоэлектронных приборов ИК-диапазона по имеющейся технологии;
- оценить требования к недостающему оборудованию для создания ФПУ с заданными характеристиками.

Владеть:

- знаниями и навыками отдельных операций по изготовлению оптоэлектронных приборов ИК-диапазона;
- методами выбора технологии при создании новых типов оптоэлектронных приборов.

Основное содержание курса изложено в следующих разделах:

1. Спектральные диапазоны ИК-фотоприемников
2. Технология одноэлементных и линейных ФП и ФПУ
3. Накопление и мультиплексирование в ФП
4. Монолитные и гибридные ИК-фотоприемники
5. Технология и схемотехника БИС считывания с построчным и кадровым накоплением
6. Технология изготовления ФП второго и третьего поколений
7. Технология фоточувствительных материалов ФП
8. Технология гибридизации МФЧЭ и БИС
9. Технология сборки оптоэлектронных приборов ИК-диапазона

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- изучение технологических основ создания оптоэлектронных приборов ИК-диапазона.

Задачи дисциплины

- ознакомление с принципами технологии создания оптоэлектронных приборов ИК-диапазона;

- изучение физических основ работы и технологических основ создания оптоэлектронных приборов ИК-диапазона в том числе фотонных и тепловых приёмников излучения;
- ознакомление с современными оптоэлектронными приборами ИК-диапазона (Конструкция, технология создания, основные применения, системы и аппаратура применения; и т.д.).

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:

- физические основы работы и технологические основы создания оптоэлектронных приборов ИК-диапазона в том числе фотонных и тепловых приёмников излучения приёмников оптического излучения (ФП) и фотоприёмных устройств (ФПУ) на их основе;
- области применения ФП и ФПУ;
- предельные параметры ФП и ФПУ;
- основные технологические приемы и методы изготовления ФП и ФПУ;
- современное состояние, научно-технические и технологические проблемы и перспективы развития оптоэлектронных приборов ИК-диапазона.

уметь:

- оценить и аргументировать применение оптоэлектронных приборов ИК-диапазона при решении конкретных технических задач;
- определить технические возможности имеющейся технологии изготовления оптоэлектронных приборов ИК-диапазона для создания ФПУ с заданными характеристиками;
- определять предельный и реально достижимый уровень параметров оптоэлектронных приборов ИК-диапазона по имеющейся технологии;
- оценить требования к недостающему оборудованию для создания ФПУ с заданными характеристиками.

владеть:

- знаниями и навыками отдельных операций по изготовлению оптоэлектронных приборов ИК-диапазона;
- методами выбора технологии при создании новых типов оптоэлектронных приборов.

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.

		лекции	семинары	лаборат. работы	работа
1	Спектральные диапазоны ИК-фотоприемников	1	3	2	45
2	Технология одноэлементных и линейных ФП и ФПУ	1	3	2	46
3	Накопление и мультиплексирование в ФП	2	6	4	
4	Монолитные и гибридные ИК-фотоприемники	1	3	2	
5	Технология и схемотехника БИС считывания с построчным и кадровым накоплением	2	6	4	14
6	Технология изготовления ФП второго и третьего поколений	3	9	6	
7	Технология фоточувствительных материалов ФП	2	6	4	
8	Технология гибридизации МФЧЭ и БИС	1	3	2	
9	Технология сборки оптоэлектронных приборов ИК-диапазона	2	6	4	
Итого часов		15	45	30	105
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		225 час., 5 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

1. Спектральные диапазоны ИК-фотоприемников

Спектральные диапазоны ИК-фотоприемников. Окна пропускания атмосферы: Коротковолновый, средневолновый, длинноволновый, сверхдлинноволновый поддиапазоны. Основные материалы, температура охлаждения фоточувствительных элементов, объекты наблюдения.

2. Технология одноэлементных и линейных ФП и ФПУ

Технология одноэлементных и линейных ФП и ФПУ. Полупроводниковые фотодиоды и фоторезисторы, болометры. Собственное и примесное поглощение излучения в ИК-фотоприемниках. Конструкция и технология линеек фоторезисторов.

3. Накопление и мультиплексирование в ФП

Накопление и мультиплексирование в ФП. Зависимость фотоэлектрических характеристик ФП от времени накопления и числа элементов. Количество выводов ФП и частота мультиплексирования.

4. Монолитные и гибридные ИК-фотоприемники

Монолитные и гибридные ИК-фотоприемники. Технологические недостатки устройств накопления и считывания сигналов на основе ИК-чувствительных полупроводников. Схемотехника и технология кремниевых ПЗС и КМОП БИС считывания.

5. Технология и схемотехника БИС считывания с построчным и кадровым накоплением

Технология и схемотехника БИС считывания с построчным и кадровым накоплением. Влияние фонового тока фотодиода на выбор типа БИС считывания. Основные схемы ячейки накопления тока фотодиода в БИС считывания. Режим ВЗН в многорядных линейках.

6. Технология изготовления ФП второго и третьего поколений

Технология изготовления ФП второго и третьего поколений. Крупноформатные матричные приемники, двух-и многоцветные фотоприемники. Планарная, меза и loop-hole технологии фоточувствительных элементов.

7. Технология фоточувствительных материалов ФП

Технология фоточувствительных материалов ФП. Основные полупроводниковые материалы ИК-фотоприемников. Методы выращивания монокристаллических полупроводников. Преимущества эпитаксиальных структур. Методы выращивания эпитаксиальных структур: МЛЭ, ЖФЭ, МОС. Методы контроля характеристик материалов.

8. Технология гибридизации МФЧЭ и БИС

Технология гибридизации МФЧЭ и БИС. Методы изготовления индиевых микроконтактов и их очистки перед гибридизацией. Проблема стойкости системы микроконтактов при многократном термоциклировании. Технология утоньшения фоточувствительных элементов.

9. Технология сборки оптоэлектронных приборов ИК-диапазона

Технология сборки оптоэлектронных приборов ИК-диапазона. Микросварка, низкотемпературные клеи. Вакуумные криостаты. Микрокриогенные системы охлаждения и термоэлектрические охладители.

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

Необходимое оборудование для лекций и практических занятий: аудитория, компьютер и мультимедийное оборудование (проектор).

Обеспечение самостоятельной работы: доступ в сеть Интернет, доступ к рекомендованной литературе.

Необходимое оборудование для организации лабораторных работ:

1. Стенд контроля БИС считывания.
2. Установка гибридизации МФЧЭ и БИС. Микроскоп.
3. Установка ультразвуковой сварки. Паяльная станция.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Филачев А.М., Таубкин И.И., Трищенко М.А. Твердотельная фотоэлектроника. Фоторезисторы и фотоприёмные устройства. – М.: Физматкнига, 2012. – 368 с.
2. Филачев А.М., Таубкин И.И., Трищенко М.А. Твердотельная фотоэлектроника. Фотодиоды. – М.: Физматкнига, 2011. – 448 с.
3. Konstantin O. Boltar, Igor D. Burlakov, Vladimir P. Ponomarenko, and Anatoly M. Filachov, Russian development of HgCdTe technology: 50 years. - Proceedings of SPIE Vol. 7298, 2009, pp. 72982P

Дополнительная литература

1. Филачёв А.М., Таубкин И.И., Тришенков М.А. Современное состояние и магистральные направления развития твердотельной фотоэлектроники. – М.: Физматкнига, 2010. – 128 с
2. Курбатов Л.Н. Оптоэлектроника видимого и инфракрасного диапазона спектра. М.: Издательство МФТИ, 1999. – 320 с.

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

1. <http://www.elsevier.com>
2. <http://www.elibrary.ru>
3. <http://www.books.google.ru>

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

Не используются

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

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

Успешное освоение курса требует:

- 1) посещения всех лекций и семинаров, выполнения лабораторных работ, предусмотренных учебным планом; ведение конспектов занятий и журнала лабораторных работ; активное участие в обсуждении лекций и семинаров;
- 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 и лабораторной работе или к докладчику на семинаре.

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 физической электроники
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен	
Разработчик:	К.О. Болтарь, д-р физ.-мат. наук

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 «Технология оптоэлектронных приборов» обучающийся должен:

знать:

- физические основы работы и технологические основы создания оптоэлектронных приборов ИК-диапазона в том числе фотонных и тепловых приёмников излучения приёмников оптического излучения (ФП) и фотоприёмных устройств (ФПУ) на их основе;
- области применения ФП и ФПУ;
- предельные параметры ФП и ФПУ;
- основные технологические приемы и методы изготовления ФП и ФПУ;
- современное состояние, научно-технические и технологические проблемы и перспективы развития оптоэлектронных приборов ИК-диапазона.

уметь:

- оценить и аргументировать применение оптоэлектронных приборов ИК-диапазона при решении конкретных технических задач;
- определить технические возможности имеющейся технологии изготовления оптоэлектронных приборов ИК-диапазона для создания ФПУ с заданными характеристиками;
- определять предельный и реально достижимый уровень параметров оптоэлектронных приборов ИК-диапазона по имеющейся технологии;
- оценить требования к недостающему оборудованию для создания ФПУ с заданными характеристиками.

владеть:

- знаниями и навыками отдельных операций по изготовлению оптоэлектронных приборов ИК-диапазона;
- методами выбора технологии при создании новых типов оптоэлектронных приборов.

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

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

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

Вопросы для подготовки к экзамену:

1. Как связаны оптимальная температура фоточувствительного элемента и спектральный диапазон фотоприемника?
2. Как связаны температура обнаруживаемых объектов и спектральный диапазон фотоприемника?

3. В чем преимущества и недостатки фотоприемников с собственным и примесным поглощением излучения.
4. Как число сигнальных выводов ФП влияет на кадровую частоту и теплопритоки вакуумного корпуса?
5. В чем преимущества кремниевых БИС считывания?
6. Как влияет время накопления в БИС считывания на чувствительность фотоприемника?
7. В чем преимущества режима ВЗН в «холодной зоне»?
8. Сколько транзисторов должна содержать ячейка накопления БИС со строчным накоплением?
9. Сколько транзисторов должна содержать ячейка накопления БИС с кадрowym накоплением?
10. Какие технологии ограничивают формат матричных фотоприемников в настоящее время?
11. Какой наиболее применяемый полупроводниковый материал ИК-фотоприемников? В чем его преимущества?
12. Назовите основные достоинства различных методов выращивания эпитаксиальных структур: МЛЭ, ЖФЭ, МОС.
13. Назовите основные методы контроля характеристик материалов.
14. Назовите основные способы изготовления индиевых микроконтактов.
15. Зачем применяется технология утоньшения фоточувствительных элементов?
16. В каких спектральных поддиапазонах используются для охлаждения фотоприемников микрокриогенные системы охлаждения и термоэлектрические охладители?
17. От охлаждаемого узла на выходной разъем корпуса идут металлические выводы. Какая теплота подводится к охлаждаемому узлу через каждый вывод. Температура ФЧЭ 80К, температура корпуса 300К. Размеры выводов: длина 1 см, диаметр: 1) золото с $d=30$, 2) платина с $d=20$.
18. Посчитать, какую ёмкость можно разместить на площади 20х20 микрон БИС считывания, если диэлектрик SiO₂, толщина 40 нм.
19. На какое расстояние смещаются индиевые микроконтакты МФЧЭ на подложке CdTe (GaAs) и кремниевой БИС считывания МФПУ формата 256х256 с шагом 30 мкм при охлаждении до 80 К?
20. Сопротивление кремниевой подложки 90 Ом/см. Чему равна концентрация дырок в подложке?
21. Чему равен максимальный размер пузырька в клее при вскрытии которого теплопередача за счет остаточных газов в криостате объемом 10 см³ и площадью холодной части 30 см² не превысит 300 мВт?

Примеры экзаменационных билетов.

Пример 1.

1. Сколько транзисторов должна содержать ячейка накопления БИС со строчным накоплением?
2. На какое расстояние смещаются индиевые микроконтакты МФЧЭ на подложке CdTe (GaAs) и кремниевой БИС считывания МФПУ формата 256х256 с шагом 30 мкм при охлаждении до 80 К?

Пример 2.

1. Назовите основные методы контроля характеристик материалов.
2. От охлаждаемого узла на выходной разъем корпуса идут металлические выводы. Какая теплота подводится к охлаждаемому узлу через каждый вывод. Температура ФЧЭ 80К, температура корпуса 300К. Размеры выводов: длина 1 см, диаметр: 1) золото с $d=30$, 2) платина с $d=20$.

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 до 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету не должен превышать двух астрономических часов в устной и (или) письменной форме.