

**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**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Физические основы фотоники и нанофотоники
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра квантовой электроники
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 5 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 30 час.

Самостоятельная работа: 90 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 180, всего зач. ед.: 4

Программу составил: А.А. Фомичев, д-р физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры квантовой электроники 29.05.2020

## Аннотация

Курс "Физические основы фотоники и нанофотоники" предусматривает ознакомление слушателей с основами фотоники и нанофотоники и подготовка к изучению других специализированных курсов по квантовой электронике.

Задачи дисциплины:

- приобретение слушателями фундаментальных теоретических знаний по фотонике и нанофотонике.
- создание у слушателей базиса для изучению смежных дисциплин квантовой электроники.

По результатам освоения студент должен:

Знать:

- Определения фотоники; области R[2]C составляющие фотонику.
- Определять тип и форму линии атомного перехода в конденсированных средах.
- Оценивать предельные значения корректности лазера в зависимости от типа активной среды и выбранного резонатора.
- Рассчитывать пороговые значения генерации лазера.
- Оценивать энергетические зазоры в зонных диаграммах гетеропереходов в лазерном диоде.
- Рассчитывать предельные значения длительностей сверхкоротких световых импульсов для различных лазерных сред.
- Оценивать тип и размеры оптических волокон и их дисперсионные характеристики как средство транспорта световой энергии.
- Оценивать пороговые характеристики лазеров с трех- и четырехуровневыми активными средами.

Уметь:

- Определять тип и форму линии атомного перехода в конденсированных средах.
- Оценивать предельные значения корректности лазера в зависимости от типа активной среды и выбранного резонатора.
- Рассчитывать пороговые значения генерации лазера.
- Оценивать энергетические зазоры в зонных диаграммах гетеропереходов в лазерном диоде.
- Рассчитывать предельные значения длительностей сверхкоротких световых импульсов для различных лазерных сред.
- Оценивать тип и размеры оптических волокон и их дисперсионные характеристики как средство транспорта световой энергии.
- Оценивать пороговые характеристики лазеров с трех- и четырехуровневыми активными средами.

Владеть:

- Методами матричного расчета лазерных резонаторов.
- Методами получения ультракоротких импульсов.
- Методами модуляции добротности резонаторов с целью получения гигантских импульсов.
- Расчетом условий устойчивости лазерных резонаторов.
- Способами управления пространственными характеристиками лазерного излучения.
- Методами расчета толщин активных слоев в п\п лазерах для появления квантов размерных эффектов.

Основное содержание курса изложено в следующих разделах:

1. Основные определения фотоники. Области науки, входящие в фотонику.
2. Квантовая теория теплового излучения. Формула Планка.
3. Уравнения генерации лазера.
4. Оптические резонаторы.
5. Гауссов пучок как решение волнового уравнения.
6. Спонтанное и стимулированное излучение.
7. Когерентность электромагнитного излучения.
8. Оптические волоконные световоды.

9. Полупроводниковые источники лазерного излучения.
10. Электронные волны де Бройля и зонная диаграмма.
11. Фотоприемники – физические основы работы.
12. Нелинейная оптика. Генерация второй гармоники.
13. Синхронизация мод в лазерах.
14. Распространение сверхкоротких лазерных импульсов в оптических средах.
15. Методы формирования сверхкоротких импульсов.
16. Волоконные лазеры.
17. Адаптивная оптика.
18. Оптическая гиометрия. Эффект Саньяка.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- ознакомление слушателей с основами фотоники и нанофотоники и подготовка к изучению других специализированных курсов по квантовой электронике.

### Задачи дисциплины

- приобретение слушателями фундаментальных теоретических знаний по фотонике и нанофотонике;
- создание у слушателей базиса для изучению смежных дисциплин квантовой электроники.

## 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-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- Определения фотоники; области R[2]C составляющие фотонику.
- Определять тип и форму линии атомного перехода в конденсированных средах.
- Оценивать предельные значения корректности лазера в зависимости от типа активной среды и выбранного резонатора.
- Рассчитывать пороговые значения генерации лазера.
- Оценивать энергетические зазоры в зонных диаграммах гетеропереходов в лазерном диоде.
- Рассчитывать предельные значения длительностей сверхкоротких световых импульсов для различных лазерных сред.
- Оценивать тип и размеры оптических волокон и их дисперсионные характеристики как средство транспорта световой энергии.
- Оценивать пороговые характеристики лазеров с трех- и четырехуровневыми активными средами.

уметь:

- Определять тип и форму линии атомного перехода в конденсированных средах.
- Оценивать предельные значения корректности лазера в зависимости от типа активной среды и выбранного резонатора.
- Рассчитывать пороговые значения генерации лазера.
- Оценивать энергетические зазоры в зонных диаграммах гетеропереходов в лазерном диоде.
- Рассчитывать предельные значения длительностей сверхкоротких световых импульсов для различных лазерных сред.
- Оценивать тип и размеры оптических волокон и их дисперсионные характеристики как средство транспорта световой энергии.
- Оценивать пороговые характеристики лазеров с трех- и четырехуровневыми активными средами.

владеть:

- Методами матричного расчета лазерных резонаторов.
- Методами получения ультракоротких импульсов.
- Методами модуляции добротности резонаторов с целью получения гигантских импульсов.
- Расчет условий устойчивости лазерных резонаторов.
- Способами управления пространственными характеристиками лазерного излучения.
- Методами расчета толщин активных слоев в p\pi лазерах для появления квантов размерных эффектов.

#### 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	Основные определения фотоники. Области науки, входящие в фотонику.	2			6
2	Теория теплового излучения.	2		2	6
3	Уравнения генерации лазера.	2		2	6
4	Оптические резонаторы.	2		2	6
5	Гауссов пучок как решение волнового уравнения.	2		2	6
6	Спонтанное и стимулированное излучение.	2		2	6
7	Когерентность электромагнитного излучения.	2		2	6
8	Оптические волоконные световоды.	2		2	6
9	Полупроводниковые источники лазерного излучения.	2		2	6
10	Электронные волны де Бройля и зонная диаграмма.	2		2	6
11	Фотоприемники – физические основы работы.	2		2	6
12	Нелинейная оптика. Генерация второй гармоники.	2		2	6
13	Синхронизация мод в лазерах.	1		2	5
14	Распространение сверхкоротких лазерных импульсов в оптических средах.	1		2	4
15	Методы формирования сверхкоротких импульсов.	1		2	5

16	Волоконные лазеры.	1		2	1
17	Адаптивная оптика.	1			1
18	Оптическая гиометрия. Эффект Саньяка.	1			2
Итого часов		30		30	90
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		180 час., 4 зач.ед.			

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

Семестр: 5 (Осенний)

##### 1. Основные определения фотоники. Области науки, входящие в фотонику.

Основные определения фотоники как технологии генерации и преобразования излучения с использованием фотона в качестве квантовой единицы. Области науки, входящие в ФОТОНИКУ.

##### 2. Теория теплового излучения.

Квантовая теория теплового излучения. Формула Планка.

##### 3. Уравнения генерации лазера.

Уравнения генерации лазера. Классическое описание (вероятностный подход, уравнения Статца - Де Марса), полуклассическое (самосогласованные уравнения, уравнение Ван дер Поля), понятия о квантовых уравнениях. Скоростные уравнения: пороговые условия генерации, стационарный и модуляции добротности режимы. Уравнения Ван дер Поля лазерной генерации.

##### 4. Оптические резонаторы.

Оптические резонаторы. Открытый резонатор. Основные параметры резонатора: добротность, число Френеля, критерий устойчивости. Параметры лазерных пучков: расходимость, фактор качества M<sup>2</sup>.

##### 5. Гауссов пучок как решение волнового уравнения.

Гауссов пучок как решение волнового уравнения в параксиальном приближении. Моды высшего порядка. Понятие лучевых матриц. Методы расчета резонаторов: на основе дифракционного интеграла, ABCD закона преобразования комплексного параметра. Обобщенный двухзеркальный резонатор, области устойчивости.

##### 6. Спонтанное и стимулированное излучение.

Спонтанное и стимулированное излучение. Атомные переходы в конденсированной среде. Форма линии. Коэффициенты поглощения и усиления. Инверсная населенность.

##### 7. Когерентность электромагнитного излучения.

Когерентность электромагнитного излучения. Многолучевая интерференция. Лазерные интерференционные зеркала.

##### 8. Оптические волоконные световоды.

Оптические волоконные световоды. Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС). Материальная и волновая дисперсия в световодах. Одно- и многомодовые волокна. Микроструктурные волокна (фотонные кристаллы). Виды потерь в волокне. Типы волокон, активные волокна. Датчики на основе оптоволокна.

#### 9. Полупроводниковые источники лазерного излучения.

Полупроводниковые источники лазерного излучения. Твердые растворы соединений. Гомо и гетеропереходы. Квазиуровни Ферми. Энергетическая зонная диаграмма лазерного диода.

#### 10. Электронные волны де Бройля и зонная диаграмма.

Электронные волны де Бройля и зонная диаграмма. Прямые и непрямые переходы. Неравновесные состояния. Условия генерации. Квантово-размерные эффекты в п/п лазерах. Каскадные лазеры. РОС лазерные диоды. Светодиоды как новое поколение источников света.

#### 11. Фотоприемники – физические основы работы.

Фотоприемники – физические основы работы. Фотодиоды, вольтамперная характеристика, лавинный фотодиод. Шумы полупроводниковых приемников излучения. ФЭУ. ЭОП. Матричные фотоприемники.

#### 12. Нелинейная оптика. Генерация второй гармоники.

Нелинейная оптика. Генерация второй гармоники. Параметрическая генерация. Понятие фазового синхронизма. Скалярный и векторный синхронизм. Укороченные уравнения. Генерация гармоник высокого порядка.

#### 13. Синхронизация мод в лазерах.

Синхронизация мод в лазерах, методы синхронизации. Сверхсильные световые поля. Нелинейно-оптические эффекты в лазерном поле. Пико- и фемтосекундные импульсы излучения. Спектрально-ограниченные импульсы. «Чирп» частоты. Волоконно-оптические компрессоры. Понятие о синхронизме в нелинейной оптике.

#### 14. Распространение сверхкоротких лазерных импульсов в оптических средах.

Распространение сверхкоротких лазерных импульсов в оптических средах: линейной дисперсионной среде; усиливающей среде; нелинейной среде с керровской нелинейностью; через частотный фильтр. Описание лазерных импульсов. Распространение волнового пакета в дисперсионной линейной среде с дисперсией вида:  $n=n_0+\chi^{(1)}E^2$ . Керровская нелинейность. Поведение волнового пакета в нелинейной среде. Прохождение волнового пакета через частотный фильтр.

#### 15. Методы формирования сверхкоротких импульсов.

Характерные интенсивности лазерного поля. Методы формирования сверхкоротких импульсов, измерения параметров. Петаваттные лазерные комплексы.

#### 16. Волоконные лазеры.

Волоконные лазеры. Активные волоконные среды. Концентрационное тушение. Брегговские волоконные зеркала. Нелинейные явления в волоконных лазерах.

#### 17. Адаптивная оптика.

Адаптивная оптика. Датчики Шака-Гартмана. Нелинейные адаптивные оптические системы на эффекте рассеяния Мандельштама-Бриллюэна. 3-х и 4-х частотное взаимодействие.

18. Оптическая гиометрия. Эффект Саньяка.

Оптическая гиометрия. Эффект Саньяка. Лазерные оптические гироскопы. Волоконно-оптические гироскопы. Эффекты невзаимности встречных волн. Атомно-лучевая гиометрия. Волны де Бройля. Лазерное охлаждение. Доплеровский метод. Магнитооптические ловушки.

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

аудитория, доска, маркеры, компьютер и мультимедийное оборудование (проектор).  
Материальная база общефакультетской лаборатории физической и квантовой электроники.

## **6.Перечень рекомендуемой литературы**

Основная литература

1. Астапенко В.А. «Электромагнитные процессы в среде, наноплазмоники и метаматериалы»: Учебное пособие. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2012.- 584 с.
2. Ермаков О.Н., Пихтин А.Н., Протасов Ю.Ю., Тарасов С.А. «Оптоэлектроника. Часть 1. Физические основы полупроводниковой оптоэлектроники. Когерентная оптоэлектроника» - М.: Изд.-во «Янус-К», 2010. – 700с.

Дополнительная литература

1. Ларкин А.И. Когерентная фотоника. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2007. 319 с.
2. Астапенко В.А. Физические основы фотоники. М.: МФТИ, 2005. 104 с.

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

1. <http://www.nanometer.ru/>
2. <http://www.photonics.su/>

## **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, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. 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.

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>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра квантовой электроники
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 5 (осенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	А.А. Фомичев, д-р физ.-мат. наук

## 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-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Физические основы фотоники и нанофотоники» обучающийся должен:

### знать:

- Определения фотоники; области R[2]C составляющие фотонику.
- Определять тип и форму линии атомного перехода в конденсированных средах.
- Оценивать предельные значения корректности лазера в зависимости от типа активной среды и выбранного резонатора.
- Рассчитывать пороговые значения генерации лазера.
- Оценивать энергетические зазоры в зонных диаграммах гетеропереходов в лазерном диоде.
- Рассчитывать предельные значения длительностей сверхкоротких световых импульсов для различных лазерных сред.
- Оценивать тип и размеры оптических волокон и их дисперсионные характеристики как средство транспорта световой энергии.
- Оценивать пороговые характеристики лазеров с трех- и четырехуровневыми активными средами.

### уметь:

- Определять тип и форму линии атомного перехода в конденсированных средах.
- Оценивать предельные значения корректности лазера в зависимости от типа активной среды и выбранного резонатора.
- Рассчитывать пороговые значения генерации лазера.
- Оценивать энергетические зазоры в зонных диаграммах гетеропереходов в лазерном диоде.
- Рассчитывать предельные значения длительностей сверхкоротких световых импульсов для различных лазерных сред.
- Оценивать тип и размеры оптических волокон и их дисперсионные характеристики как средство транспорта световой энергии.
- Оценивать пороговые характеристики лазеров с трех- и четырехуровневыми активными средами.

### владеть:

- Методами матричного расчета лазерных резонаторов.
- Методами получения ультракоротких импульсов.
- Методами модуляции добротности резонаторов с целью получения гигантских импульсов.
- Расчетом условий устойчивости лазерных резонаторов.
- Способами управления пространственными характеристиками лазерного излучения.
- Методами расчета толщин активных слоев в p-n лазерах для появления квантов размерных эффектов.

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

В целях текущего контроля успеваемости предусмотрен краткий опрос по темам предыдущих занятий

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

Вопросы к экзамену:

1. Квантовая теория теплового излучения. Формула Планка.
2. Уравнения генерации лазера.
3. Оптические резонаторы.
4. Гауссов пучок как решение волнового уравнения
5. Спонтанное и стимулированное излучение.
6. Когерентность электромагнитного излучения.
7. Оптические волоконные световоды
8. Полупроводниковые источники лазерного излучения.
9. Электронные волны де Бройля и зонная диаграмма.
10. Фотоприемники – физические основы работы.
11. Нелинейная оптика. Генерация второй гармоники.
12. Синхронизация мод в лазерах
13. Распространение сверхкоротких лазерных импульсов в оптических средах
14. Методы формирования сверхкоротких импульсов
15. Волоконные лазеры.
16. Адаптивная оптика.
17. Оптическая гиометрия. Эффект Саньяка.

Примеры билетов.

Пример 1.

1. Адаптивная оптика.
2. Оптическая гиометрия. Эффект Саньяка.

Пример 2.

1. Нелинейная оптика. Генерация второй гармоники.
2. Синхронизация мод в лазерах

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 двух астрономических часов в устной и (или) письменной форме.