

**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:	Квантовая оптика
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра квантовой электроники
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: Ю.А. Кротов, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник

Программа обсуждена на заседании кафедры квантовой электроники 30.05.2022

Аннотация

Курс "Квантовая оптика" предусматривает ознакомление слушателей с основами квантовой оптики и подготовка к изучению других специализированных курсов по квантовой электронике.

Задачи дисциплины:

- приобретение слушателями теоретических знаний и навыков в области квантовой оптики;
- подготовка слушателей к изучению смежных дисциплин квантовой электроники;
- приобретение навыков в применении методов квантовой оптики в лазерной физике и других естественнонаучных дисциплинах.

По результатам освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- ☐ Основные понятия квантовой теории света.
- ☐ Понятие-Когерентное состояние – собственное состояние оператора уничтожения, выражение через стационарные состояния, развитие во времени, координатное представление.
- ☐ Понятие- Сжатое состояние, определение, координатное представление, развитие во времени, сжатый вакуум, среднее число частиц и коэффициент сжатия.
- ☐ Основные факты и формулы для теории излучения абсолютно черного тела-Планка, фото-эффекта Эйнштейна, эффекта Комптона
- ☐ Операторы рождения и уничтожения, оператор числа частиц, система стационарных состояний линейного осциллятора.

Уметь:

- ☐ Уметь квантовать поле и записывать его в различных представлениях.
- ☐ Применять понятие силы осциллятора в решении задач по взаимодействию света с атомом.
- ☐ Рассчитывать объем когерентности и фактор вырождения э-м. поля.
- ☐ Представлять на фазовой плоскости состояния э-м поля в различных представлениях.
- ☐ Оценивать пространственную и временную когерентность и влиять на них.

Владеть:

- ☐ Теорией соответствия для атомных переходов.
- ☐ Теорией вторичного квантования для различных описаний э-м. поля.
- ☐ Понятием динамической поляризации атома и применять его при расчете сечений поглощения и рассеяния.
- ☐ Соотношением Крамерса-Кронинга для вычисления мнимой и действительной частей динамической поляризуемости.
- ☐ Понятием запутанных состояний (парадоксом ЭПР) и получением и применением их в квантовой оптике.

Темы и разделы курса:

1. Основные понятия квантовой оптики.
2. Корреляционные функции первого порядка
3. Квантование поля и различные представления
4. Теорема Винера-Хинчина. Теорема Ван Циттерта - Цернике
5. Измерение пространственной когерентности второго порядка
6. Канонические переменные
7. Состояния квантовой системы в обозначениях Дирака
8. Основные типы состояний поля
9. Когерентные состояния
10. Собственные состояния операторов обобщенной координаты и импульса
11. Связь координатного и импульсного базисов с когерентным

12. Атом и его квантовая природа
13. Поляризуемость атома
14. Поляризационное тормозное излучение и динамическая поляризация атома
15. Опыты по обнаружению гравитационных волн
16. Наблюдение фотона без его уничтожения
17. ЭПР парадокс и его следствия
18. Квантование поля и различные представления

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

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

Задачи дисциплины

- приобретение слушателями теоретических знаний и навыков в области квантовой оптики;
- подготовка слушателей к изучению смежных дисциплин квантовой электроники;
- приобретение навыков в применении методов квантовой оптики в лазерной физике и других естественнонаучных дисциплинах.

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:

- ☐ основные понятия квантовой теории света;
- ☐ понятие Когерентное состояние – собственное состояние оператора уничтожения, выражение через стационарные состояния, развитие во времени, координатное представление;
- ☐ понятие Сжатое состояние, определение, координатное представление, развитие во времени, сжатый вакуум, среднее число частиц и коэффициент сжатия;
- ☐ основные факты и формулы для теории излучения абсолютно черного тела-Планка, фото-эффекта Эйнштейна, эффекта Комптона;
- ☐ операторы рождения и уничтожения, оператор числа частиц, система стационарных состояний линейного осциллятора.

уметь:

- ☐ уметь квантовать поле и записывать его в различных представлениях;
- ☐ применять понятие силы осциллятора в решении задач по взаимодействию света с атомом;
- ☐ рассчитывать объем когерентности и фактор вырождения э-м поля;
- ☐ представлять на фазовой плоскости состояния э-м поля в различных представлениях;
- ☐ оценивать пространственную и временную когерентность и влиять на них.

владеть:

- ☐ теорией соответствия для атомных переходов;
- ☐ теорией вторичного квантования для различных описаний э-м поля;
- ☐ понятием динамической поляризации атома и применять его при расчете сечений поглощения и рассеяния;
- ☐ соотношением Крамерса-Кронинга для вычисления мнимой и действительной частей динамической поляризуемости;
- ☐ понятием запутанных состояний (парадоксом ЭПР) и получением и применением их в квантовой оптике.

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 понятия квантовой оптики	2			4
2	Корреляционные функции первого порядка	2			5
3	Квантование поля и различные представления	2			4
4	Теорема Винера-Хинчина. Теорема Ван Циттерта - Цернике	2			5
5	Пространственная когерентность	2			4
6	Канонические переменные	2			5
7	Состояния квантовой системы в обозначениях Дирака	2			4
8	Основные типы состояний поля	2			4
9	Когерентные состояния	2			4
10	Собственные состояния операторов обобщенной координаты и импульса	2			4
11	Связь координатного и импульсного базисов с когерентным	2			4
12	Атом и его квантовая природа	2			4
13	Поляризуемость атома	1			4
14	Поляризационное тормозное излучение и динамическая поляризация атома	1			4
15	Опыты по обнаружению гравитационных волн	1			4
16	Наблюдение фотона без его уничтожения	1			4
17	ЭПР парадокс и его следствия	1			4
18	Квантование поля	1			4
Итого часов		30			75
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

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

1. Основные понятия квантовой оптики

Представление поля в виде совокупности случайных величин.

Квазимонохроматический сигнал. Функция когерентно-спектральная плотность;

- автокорреляционная функция;
- спектральная плотность.

Внутренняя модуляция. Различные режимы генерации когерентного оптического излучения.

2. Корреляционные функции первого порядка

Выражение корреляционных функций высших порядков через КФ-1 для теплового излучения. КФ-1 как характеристика степени когерентности излучения. Длина продольной и радиус поперечной когерентности поля.

Измерение временной когерентности с помощью интерферометра Майкельсона.

Измерение пространственной когерентности с помощью интерферометра Юнга.

3. Квантование поля и различные представления

Объем когерентности $V_{\text{ког}}$. Фактор вырождения. Число фотонов в моде и в объеме когерентности.

4. Теорема Винера-Хинчина. Теорема Ван Циттерта - Цернике

Теорема Винера-Хинчина. Теорема Ван Циттерта - Цернике. Вывод и применение на практике.

5. Пространственная когерентность

Измерение пространственной когерентности второго порядка.

6. Канонические переменные

Уравнения, описывающие динамику канонических переменных в механике.

Скобки Пуассона и динамика произвольных функций от канонических переменных.

Схема квантования электромагнитного поля в рамках Гамильтонова формализма.

Определение канонических переменных для описания поля: переход к дискретным полевым переменным через разложение в ряд по системе собственных функций соответствующей краевой задачи. Выбор линейной комбинации амплитуд, оптимальный с точки зрения регистрации. Вторичное квантование.

7. Состояния квантовой системы в обозначениях Дирака

Состояние системы как вектор абстрактного векторного пространства. Разложение вектора состояния по различным базисным системам координат; представления волновой функции

«бра» и «кет» векторы, норма вектора. Свойства базисов:

- полнота;
- ортонормированность.

8. Основные типы состояний поля

Состояния с заданным числом фотонов (энергетические). Определение: собственные состояния оператора энергии для одной моды свободного поля и оператора числа фотонов в моде $N=a+a$.

Среднее число фотонов в энергетическом состоянии.

9. Когерентные состояния

Собственное состояние оператора уничтожения. Выражение через стационарные состояния. Развитие во времени, координатное представление. Когерентные состояния. Определение: правые и левые собственные состояния операторов a и a^+ для одной моды поля. Собственные значения: комплексны, образуют непрерывный спектр. Средние от нормально упорядоченных операторов в когерентном состоянии.

10. Собственные состояния операторов обобщенной координаты и импульса

Операторы обобщенной координаты и импульса и их собственные состояния. Связь с действительной и мнимой частью аналитического сигнала одномодового излучения.

Собственные значения и собственные состояния. Свойства координатного и импульсного базисов:

- полнота;
- непрерывность;
- ортогональность;
- нормировка.

Представление состояния с заданным импульсом в координатном базисе и представление состояния с заданной обобщенной координатой в импульсном базисе. Схематическое представление на диаграмме состояний.

11. Связь координатного и импульсного базисов с когерентным

Средние значения обобщенной координаты и импульса в когерентном состоянии.

Волновые функции когерентных состояний в координатном и импульсном базисах.

Распределение координаты и импульса в когерентном состоянии. Дисперсии обобщенной координаты и импульса в когерентном состоянии. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Схематическое изображение когерентных и энергетических состояний на диаграмме состояний. Временная эволюция когерентных состояний. Понятие сжатого света.

Дисперсии координаты и импульса в энергетическом состоянии. Координатное представление энергетических состояний.

12. Атом и его квантовая природа

Атом по Бору. Дискретные и непрерывные спектры атома водорода. Принцип соответствия, сила осциллятора и правило сумм .

13. Поляризуемость атома

Смещение электронной плотности в атомах, молекулах, ионах относительно атомных ядер частиц под действием внешнего электрического поля.

14. Поляризационное тормозное излучение и динамическая поляризация атома

Метод эквивалентных фотонов Ферми. Сечение ПТИ через эквивалентные фотоны и сечение рассеяния.

15. Опыты по обнаружению гравитационных волн

Квантовый предел точности измерений . Квантовонеразрушающие измерения.

16. Наблюдение фотона без его уничтожения

Эксперимент на основе трех R .

17. ЭПР парадокс и его следствия

Предложение Боба. Неравенства Бэлла. Запутанные состояния и квантовый компьютер.

18. Квантование поля

Квантование поля и различные представления. Примеры и решения.

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

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Звелто О. Принципы лазеров. (М. Мир, 2008) -720 с.
2. Быков В.П., Силичев О.О. Лазерные резонаторы. (М. ФИЗМАТЛИТ, 2004) -320 с.
3. Тарасов Л. В. Четырнадцать лекций о лазерах. Изд. 2-е, перераб. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. — 176 с.
4. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. М. Наука., 1988 – 336с.

Дополнительная литература

1. Ананьев Ю.А. Оптические резонаторы и лазерные пучки. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. — 264 с..
2. Собельман И.И. Введение в теорию атомных спектров.М., Физматгиз, 1963 г. - 640 стр..
3. Г.М. Зверев, Ю.Д. Голяев, Е.А. Шалаев, А.А. Шокин. Лазеры на алюмоиттриевом гранате с неодимом. М.: Радио и связь, 1985.-144с..
4. Панченко В.Я., Голубев В.С., Васильцов В.В., Галушкин М.Г. и др. Под ред. В.Я. Панченко Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок.М. ФИЗМАТЛИТ. 2009.

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)

на лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

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

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

Успешное освоение курса требует:

- 1) посещения всех лекций, предусмотренных учебным планом; ведение конспектов занятий; активное участие в обсуждении лекций;
- 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.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра квантовой электроники
курс:	4
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Экзамен	
Разработчик:	Ю.А. Кротов, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник

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 «Квантовая оптика» обучающийся должен:

знать:

- ☐ основные понятия квантовой теории света;
- ☐ понятие Когерентное состояние – собственное состояние оператора уничтожения, выражение через стационарные состояния, развитие во времени, координатное представление;
- ☐ понятие Сжатое состояние, определение, координатное представление, развитие во времени, сжатый вакуум, среднее число частиц и коэффициент сжатия;
- ☐ основные факты и формулы для теории излучения абсолютно черного тела-Планка, фото-эффекта Эйнштейна, эффекта Комптона;
- ☐ операторы рождения и уничтожения, оператор числа частиц, система стационарных состояний линейного осциллятора.

уметь:

- ☐ уметь квантовать поле и записывать его в различных представлениях;
- ☐ применять понятие силы осциллятора в решении задач по взаимодействию света с атомом;
- ☐ рассчитывать объем когерентности и фактор вырождения э-м поля;
- ☐ представлять на фазовой плоскости состояния э-м поля в различных представлениях;
- ☐ оценивать пространственную и временную когерентность и влиять на них.

владеть:

- ☐ теорией соответствия для атомных переходов;
- ☐ теорией вторичного квантования для различных описаний э-м поля;
- ☐ понятием динамической поляризации атома и применять его при расчете сечений поглощения и рассеяния;
- ☐ соотношением Крамерса-Кронинга для вычисления мнимой и действительной частей динамической поляризуемости;
- ☐ понятием запутанных состояний (парадоксом ЭПР) и получением и применением их в квантовой оптике.

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

В целях текущего контроля успеваемости предусмотрен краткий опрос аудитории по теме предыдущей лекции

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

Вопросы к экзамену:

1. Корреляционные функции первого порядка
2. Квантование поля и различные представления
3. Теорема Винера-Хинчина. Теорема Ван Циттерта - Цернике
4. Измерение пространственной когерентности второго порядка

5. Канонические переменные
6. Состояния квантовой системы в обозначениях Дирака
7. Основные типы состояний поля
8. Когерентные состояния
9. Собственные состояния операторов обобщенной координаты и импульса
10. Связь координатного и импульсного базисов с когерентным
11. Атом и его квантовая природа
12. Поляризуемость атома
13. Поляризационное тормозное излучение и динамическая поляризация атома
14. Опыты по обнаружению гравитационных волн
15. Наблюдение фотона без его уничтожения
16. ЭПР парадокс и его следствия
17. Квантование поля и различные представления

Примеры экзаменационных билетов:

Пример 1.

1. Опыты по обнаружению гравитационных волн
2. Наблюдение фотона без его уничтожения

Пример 2.

1. Состояния квантовой системы в обозначениях Дирака
2. Основные типы состояний поля

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.