

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор



Хагуров Т.А.

2024 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.05 ЛАЗЕРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

Направление подготовки 03.04.03 Радиофизика

Направленность Квантовые устройства и радиофотоника

Форма обучения очная

Квалификация магистр

Краснодар 2024

Рабочая программа дисциплины «Лазерная спектроскопия» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика (профиль) "Квантовые устройства и радиофотоника"

Программу составил:  
Е. В. Строганова, профессор



подпись

Утверждена на заседании кафедры  
оптоэлектроники протокол № 9 от 12.04.2024г

Заведующий кафедрой



Яковенко Н.А.

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета  
Физико-технический факультет  
протокол № 5 от 18 апреля 2024 г.  
Председатель УМК факультета



Богатов Н.М.

Рецензенты:

Солохненко А.М., начальник научно-производственного комплекса АО  
«НПК «РИТМ»

Григорьян Л.Р., Генеральный директор ООО НПФ «Мезон»

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

### 1.1 Цель освоения дисциплины

Освоение профессиональных компетенций в области анализа и контроля параметров электронных и фотонных компонентов методами лазерной спектроскопии.

### 1.2 Задачи дисциплины

Изучение новых достижений в областях: спектроскопии с помощью коротких и ультракоротких лазерных импульсов; спектроскопии высокого разрешения с помощью пере-страиваемых лазеров; спектроскопии одиночных частиц; лазерного охлаждения и лазерных ловушек; новых метрологических возможностей фемтосекундной техники.

### 1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Б1.В.05 Лазерная спектроскопия» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана.

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине
<b>ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания в области физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач, в том числе в сфере педагогической деятельности</b>	
ИОПК-1.1. Умеет применять фундаментальные знания в области радиофизических методов исследований при решении научно-исследовательских задач	Знает основные радиофизические методы исследования
	Умеет применять основные методы радиофизических исследований
	Применяет основные методы радиофизических исследований при решении научно-исследовательских задач
<b>ПК-1 Способен разрабатывать предложения по модернизации технологического процесса</b>	
ИПК-1.1. Способен определять регламенты контроля и измерять электрофизические параметры формируемых наноразмерных слоев и изделий	Знает регламенты и методы контроля, осуществляющиеся с помощью лазерной спектроскопии формируемых структур
	Умеет применять методы и методики контроля для измерения различных параметров наноразмерных структур при помощи оптической/лазерной спектроскопии
	Владеет навыками работы с измерительным оборудованием и экспериментальными стендами
<b>ПК-5 Способен разрабатывать техническое задание на экспериментальную проверку технологических процессов и испытаний выбранных материалов в рамках разработанной концепции, утвержденных экспериментальных методик</b>	
ИПК-5.1 Способен выбирать методы и средства контроля параметров приборов и материалов квантовой электроники и фотоники	Знает основные оптические методы и средства контроля параметров приборов и материалов квантовой электроники и фотоники
	Умеет разрабатывать оптические схемы и подбирать современное лазерное и оптическое оборудование для проведения контроля параметров приборов и материалов квантовой электроники и фотоники
	Владеет навыками работы с современным оптическим и лазерным оборудованием

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет \_\_\_\_ зачетных единиц ( \_\_\_\_ часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ	Всего часов	Форма обучения			
		очная		очно-заочная	заочная
		1 семестр (часы)	2 семестр (часы)	X семестр (часы)	X курс (часы)
<b>Контактная работа, в том числе:</b>					
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>					
занятия лекционного типа	30	14	16		
лабораторные занятия	58	28	30		
практические занятия	30	14	16		
семинарские занятия					
<b>Иная контактная работа:</b>					
Контроль самостоятельной работы (КСР)					
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,5	0,2	0,3		
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>					
<i>Курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)</i>					
<i>Контрольная работа</i>					
<i>Расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)</i>	8	4	4		
<i>Реферат/эссе (подготовка)</i>	4	2	2		
<i>Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)</i>	58,3	45,6	12,7		
Подготовка к текущему контролю					
<b>Контроль:</b>					
Подготовка к экзамену	26,7		26,7		
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	<b>118,5</b>			
	<b>в том числе контактная работа</b>				
	<b>зач. ед</b>				

### 2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины. Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 1 семестре (1 курс) (очная форма обучения)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Тепловое излучение, закон Планка. Поглощение и дисперсия	14	2	2	4	6
2.	Вероятности переходов. Когерентность.	16	2	2	4	8
3.	Ширина и профили спектральных линий	14	2	2	4	6
4.	Техника спектроскопии. Спектрографы и монохроматоры. Интерферометры. Сравнительный анализ исследований интерферометров и спектрометров.	16	2	2	4	8
5.	Детектирование света.	16	2	2	4	8
6.	Фундаментальные принципы лазеров.	16	2	2	4	8
7.	Лазеры как источники света для спектроскопии. Преимущества.	15,8	2	2	4	7,8
8.	Перестраиваемые когерентные источники света	10	2	2	4	2
9.	Абсорбционная и флуоресцентная спектроскопия с использованием лазеров, ограниченная доплеровским уширением	11	2	2	4	3
10.	Методы двойного резонанса. Многофотонная спектроскопия	10	2	2	4	2
11.	Лазерная спектроскопия комбинационного рассеяния	11	2	2	4	3
12.	Внутридоплеровская лазерная спектроскопия высокого разрешения	10	2	2	4	2
13.	Лазерная спектроскопия с временным разрешением	11	2	2	4	3
14.	Лазерная спектроскопия столкновительных процессов	10	2	2	4	2
15.	Предел спектрального разрешения	10	2	2	4	2
	<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>	190,8	30	30	56	70,8
	Контроль самостоятельной работы (КСР)					
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,5				0,5
	Подготовка к текущему контролю	26,7				
	Общая трудоемкость по дисциплине	216				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

#### 2.3.1.1. Для 1 семестра 1 курса

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Тепловое излучение, закон Планка. Поглощение и дисперсия	Моды резонатора. Теория абсолютно черного тела, закон Планка. Поглощение, вынужденное и спонтанное излучение. Дискретные и непрерывные спектры. Классическая модель показателя преломления. Силы осцилляторов и коэффициенты Эйнштейна.	<i>Устный опрос</i>
2.	Вероятности переходов. Когерентность	Время жизни и вероятности спонтанных переходов. Экспериментальные методы определения вероятностей переходов. Линейное и нелинейное поглощение. Полуклассическое описание. Когерентность: временная, пространственная. Объем когерентности.	<i>Устный опрос</i>
3.	Ширина и профили спектральных линий	Естественная ширина линий. Доплеровская ширина. Столкновительное уширение спектральных линий. Однородное и неоднородное уширение линий. Уширение в следствии эффекта насыщения. Профили спектральных линий.	<i>Расчетное графическое задание</i>
4.	Техника спектроскопии. Спектрографы и монохроматоры. Интерферометры. Сравнительный анализ исследований интерферометров и спектрометров	Спектрографы и монохроматоры: основные характеристики (призмные и с дифракционной решеткой). Интерферометры. Примеры интерферометров: Майкельсона, Маха-Цендера, Фабри-Перо (плоский, конфокальный), многослойные диэлектрические покрытия. Фурье-спектроскопия. Методы измерений длин волн.	<i>Устный опрос</i>

5.	Детектирование света.	Тепловые приемники. Фотоэлементы и фотоумножители. Счет фотонов. Фоторезисторы. Фотоэлектронные усилители. Фотодиоды. Оптический многоканальный анализатор. Регистрация быстро протекающих процессов	<i>Устный опрос</i>
6.	Фундаментальные принципы лазеров.	Основные элементы. Пороги генерации. Оптические резонаторы и распределение поля в резонаторе. Насыщение усиления и конкуренция мод. Выходная мощность и оптимальная связь	<i>Устный опрос расчетные графические задания</i>
7.	Лазеры как источники света для спектроскопии. Преимущества	Лазеры с фиксированной частотой и перестраиваемые лазеры. Спектр частот многомодовых лазеров. Селекция мод в лазерах. Одномодовый режим работы лазеров. Стабилизация длины волны и интенсивности. Калибровка длины волны. Абсолютные измерения частоты лазерного излучения.	<i>Устный опрос реферат</i>

### 2.3.1.2 Для 2 семестра 1 курса

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Перестраиваемые когерентные источники света	Основные принципы. Перестраиваемые инфракрасные лазеры. Лазеры на красителях. Эксимерные лазеры. Методы нелинейного оптического смещения. Оптический параметрический генератор.	<i>Устный опрос</i>
2.	Абсорбционная и флуоресцентная спектроскопия с использованием лазеров, ограниченная доплеровским уширением	Высококонтрастные методы детектирования. Лазерный магнитный резонанс и штарковская спектроскопия. Оптическая накачка с помощью лазеров. Лазерно-индуцированная флуоресценция. Спектроскопия возбужденных состояний.	<i>Устный опрос реферат</i>
3.	Методы двойного резонанса. Многофотонная спектроскопия	Оптический-радиочастотный двойной резонанс. Микроволновой-инфракрасный двойной резонанс. Оптический - микроволновой двойной резонанс. Двойной оптический резонанс. Вероятности двухфотонных переходов. Применение многофотонного поглощения в атомной и молекулярной спектроскопии. Многофотонная ионизационная спектроскопия.	<i>Устный опрос реферат</i>
4.	Лазерная спектроскопия комбинационного рассеяния	Вынужденное комбинационное рассеяние. Спектроскопия когерентного антистоксова комбинационного рассеяния света (КАРС). Экспериментальные методы лазерной спектроскопии комбинационного рассеяния.	<i>Устный опрос расчетные графические задания</i>
5.	Внутридоплеровская лазерная спектроскопия высокого разрешения	Спектроскопия насыщения. Поляризационная спектроскопия. Интерференционная спектроскопия насыщения. Спектроскопия гетеродинамирования. Бездоплеровская многофотонная спектроскопия. Спектроскопия пересечения уровней с использованием лазеров.	<i>Устный опрос реферат</i>
6.	Лазерная спектроскопия с временным разрешением	Генерация коротких лазерных импульсов. Измерение времени жизни с помощью лазеров. Пикосекундная спектроскопия. Спектроскопия когерентных нестационарных процессов.	<i>Устный опрос реферат</i>
7.	Лазерная спектроскопия столкновительных процессов	Исследование столкновительного уширения и сдвига. Исследование процессов передачи энергии в основном электронном состоянии. Измерение дифференциальных сечений в скрещенных молекулярных пучках. Передача энергии при радиационных столкновениях.	<i>Устный опрос</i>
8.	Предел спектрального разрешения	Оптические резонансы Рамси. Эффект отдачи. Оптическое охлаждение и удержание атомов. Захват и охлаждение ионов. Разрешение в пределах естественной ширины.	<i>Устный опрос</i>

### 2.3.2 Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия/ лабораторные работы)

### 2.3.2.1 Для 1 семестра 1 курса

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/разбор	Форма текущего контроля
1.	Тепловое излучение, закон Планка. Поглощение и дисперсия	Расчет показателя преломления. Определение коэффициента поглощения, измерение спектров поглощения.	<i>Решение задач, ЛР</i>
2.	Вероятности переходов. Когерентность	Расчет вероятностей переходов. Измерение спектров излучения и кинетик затухания люминесценции возбужденных состояний.	<i>Решение задач, ЛР</i>
3.	Ширина и профили спектральных линий	Расчет профилей спектральных линий и определение их основных характеристик на примерах оптически активных материалов	<i>Решение задач, ЛР</i>
4.	Техника спектроскопии. Спектрографы и монохроматоры. Интерферометры. Сравнительный анализ исследований интерферометров и спектрометров	Проведение сравнительного анализа различных монохроматоров и спектрографов по основным техническим параметрам и характеристикам	<i>Решение задач, ЛР</i>
5.	Детектирование света.	Проведение экспериментальных исследований по детектированию излучения и поглощения в различных спектральных диапазонах. Расчет кривых чувствительности фотоприемников.	<i>Решение задач, ЛР</i>
6.	Фундаментальные принципы лазеров.	Юстировка открытого резонатора на примере полусферического резонатора. Получение спектра собственного модового состава резонатора.	<i>Решение задач, ЛР</i>
7.	Лазеры как источники света для спектроскопии. Преимущества	Проведение сравнительного анализа различных лазерных систем одного и/или различного типа (непрерывные, квазиимпульсные, импульсные)	<i>Решение задач, ЛР</i>

### 2.3.2.2 Для 2 семестра 1 курса

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/разбор	Форма текущего контроля
1.	Перестраиваемые когерентные источники света	Изучение устройства титан-сапфирового лазера. Юстировка резонатора. Расчет генерационных параметров перестраиваемого лазера.	<i>Решение задач, ЛР</i>
2.	Абсорбционная и флуоресцентная спектроскопия с использованием лазеров, ограниченная доплеровским уширением	Расчет доплеровского уширения спектральных линий. Исследование процессов возбужденного поглощения.	<i>Решение задач, ЛР</i>
3.	Методы двойного резонанса. Многофотонная спектроскопия	Исследование многоканальной излучательной релаксации.	<i>Решение задач, ЛР</i>
4.	Лазерная спектроскопия комбинационного рассеяния	Измерение спектров комбинационного рассеяния. Расчет спектральных параметров КР.	<i>Решение задач, ЛР</i>
5.	Внутридоплеровская лазерная спектроскопия высокого разрешения	Расчет тонкой энергетической структуры примесных центров в оптическом материале.	<i>Решение задач, ЛР</i>
6.	Лазерная спектроскопия с временным разрешением	Исследование спектров кинетик затухания люминесценции оптических центров с неэквивалентными кристаллографическими позициями.	<i>Решение задач, ЛР</i>
7.	Лазерная спектроскопия столкновительных процессов	Исследование уширения спектральных линий как результата столкновительных процессов.	<i>Решение задач, ЛР</i>
8.	Предел спектрального разрешения	Определение предела спектрального разрешения для различных лазерных систем.	<i>Решение задач, ЛР</i>

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и т.д.

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

### 2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Реферат/эссе (подготовка)	Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов, обучающихся по направлениям подготовки 03.03.03 и 03.04.03 Радиофизика. ГОСТ 2.304 и ГОСТ 2.004 по оформлению расчетно-графических работ.
2	Расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	
3	Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка	

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, практические занятия, проблемное обучение, модульная технология, подготовка письменных аналитических работ, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проектных методик, мозгового штурма, разбора конкретных ситуаций, анализа педагогических задач, педагогического эксперимента, иных форм) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.



Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

## 9. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Лазерная спектроскопия».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме доклада-презентации по проблемным вопросам, расчетные графические работы, рефераты, лабораторные работы, и **промежуточной аттестации** в форме вопросов и заданий к экзамену (зачету).

### Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ИОПК-1.1. Умеет применять фундаментальные знания в области радиофизических методов исследований при решении научно-исследовательских задач	Знает основные радиофизические методы исследования	<i>Лабораторные работы</i> <i>Опрос</i> <i>Рефераты</i>	Вопрос на экзамене 1-25
		Умеет применять основные методы радиофизических исследований		
		Применяет основные методы радиофизических исследований при решении научно-исследовательских задач		
2	ИПК-1.1. Способен определять регламенты контроля и измерять электрофизические параметры формируемых наноразмерных слоев и изделий	Знает регламенты и методы контроля, осуществляющиеся с помощью лазерной спектроскопии формируемых структур	<i>Лабораторные работы</i> <i>Опрос</i> <i>Рефераты</i> <i>Расчетные графические работы</i>	Вопрос на экзамене 26-51
		Умеет применять методы и методики контроля для измерения различных параметров наноразмерных структур при помощи оптической/лазерной спектроскопии		
		Владеет навыками работы с измерительным оборудованием и экспериментальными стендами		
3	ИПК-5.1 Способен выбирать методы и средства контроля параметров приборов и материалов квантовой электроники и фотоники	Знает основные оптические методы и средства контроля параметров приборов и материалов квантовой электроники и фотоники	<i>Лабораторные работы</i> <i>Опрос</i> <i>Рефераты</i> <i>Расчетные графические работы</i>	Вопрос на экзамене 52-73
		Умеет разрабатывать оптические схемы и подбирать современное лазерное и оптическое оборудование для проведения		

	контроля параметров приборов и материалов квантовой электроники и фотоники		
	Владет навыками работы с современным оптическим и лазерным оборудованием	Лабораторные работы Опрос Рефераты Расчетные графические работы	

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

***Примерный перечень вопросов и заданий***

***Реферат***

*Тематика рефератов*

1. Сравнительно-сопоставительный анализ современных монохроматоров и интерферометров.
2. Приемники инфракрасного излучения и специфика их работы в дальнем ИК.
3. Для чего нужны аттосекундные лазеры?
4. Мегасайенс установка СКИФ – перспективы познания материи.

***Графические расчетные работы***

1. Разработка математического редактора для построения теоретических спектров на основе профиля линий Лоренца, Гаусса.
2. Разработка математического редактора для расчетов спектров кинетик затухания люминесценции возбужденных состояний.
3. Разработка редактора по расчету кинетик населенностей для 3-х, 4-х уровневых систем при различных условиях лазерной накачки.

**Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен/зачет)**

Перечень вопросов для зачета:

1. Коэффициенты Эйнштейна для квантовых систем.
2. Ширина спектральной линии.
3. Профиль спектральных линий.
4. Естественная ширина спектральной линии.
5. Уширение спектральной линии (доплеровское и столкновительное).
6. Однородное и неоднородное уширение линий.
7. Эффект насыщения.
8. Спектрографы – особенности и принцип действия.
9. Интерферометры – особенности и принцип действия.
10. Приемники излучения: типы и особенности.
11. Приемники излучения, работающие в режиме счета фотонов.
12. Приемники для быстропротекающих процессов.
13. Пороги процесса лазерной генерации.
14. Типы оптических резонаторов.
15. Конкуренция мод в резонаторах.
16. Выходная оптическая мощность и ее связь с генерационными параметрами и резонатором.
17. Перестраиваемые лазеры.
18. Селекция мод в лазерах.
19. Реализация одномодового режима работы лазеров.
20. Калибровка длины волны лазера.

Перечень вопросов на экзамен.

1. Моды резонатора. Теория абсолютно черного тела, закон Планка.
2. Поглощение, вынужденное и спонтанное излучение.
3. Дискретные и непрерывные спектры.
4. Классическая модель показателя преломления.
5. Силы осцилляторов и коэффициенты Эйнштейна.
6. Время жизни и вероятности спонтанных переходов.
7. Экспериментальные методы определения вероятностей переходов.
8. Линейное и нелинейное поглощение. Полуклассическое описание.
9. Когерентность: временная, пространственная. Объем когерентности.
10. Естественная ширина линий.
11. Доплеровская ширина.
12. Столкновительное уширение спектральных линий.
13. Однородное и неоднородное уширение линий.
14. Уширение в следствии эффекта насыщения.
15. Профили спектральных линий.
16. Спектрографы и монохроматоры: основные характеристики (призмные и с дифракционной решеткой).
17. Интерферометры. Примеры интерферометров: Майкельсона, Маха-Цендера, Фабри-Перо (плоский, конфокальный), многослойные диэлектрические покрытия.
18. Фурье-спектроскопия.
19. Методы измерений длин волн.
20. Тепловые приемники.
21. Фотоэлементы и фотоумножители.
22. Счет фотонов.
23. Фоторезисторы.
24. Фотоэлектронные усилители.
25. Фотодиоды.
26. Оптический многоканальный анализатор.
27. Регистрация быстро протекающих процессов
28. Пороги генерации.
29. Оптические резонаторы и распределение поля в резонаторе.
30. Насыщение усиления и конкуренция мод.
31. Выходная мощность и оптимальная связь
32. Лазеры с фиксированной частотой и перестраиваемые лазеры.
33. Спектр частот многомодовых лазеров. Селекция мод в лазерах.
34. Одномодовый режим работы лазеров. Стабилизация длины волны и интенсивности.
35. Калибровка длины волны. Абсолютные измерения частоты лазерного излучения.
36. Перестраиваемые инфракрасные лазеры.
37. Лазеры на красителях.
38. Эксимерные лазеры.
39. Методы нелинейного оптического смещения.
40. Оптический параметрический генератор.
41. Высокочувствительные методы детектирования.
42. Лазерный магнитный резонанс и штарковская спектроскопия.
43. Оптическая накачка с помощью лазеров.
44. Лазерно-индуцированная флуоресценция.
45. Спектроскопия возбужденных состояний.
46. Оптический-радиочастотный двойной резонанс.

47. Микроволновой-инфракрасный двойной резонанс.
48. Оптический -микроволновой двойной резонанс.
49. Двойной оптический резонанс.
50. Вероятности двухфотонных переходов.
51. Применение многофотонного поглощения в атомной и молекулярной спектроскопии.
52. Вынужденное комбинационное рассеяние.
53. Спектроскопия когерентного антистоксова комбинационного рассеяния света (КАРС).
54. Экспериментальные методы лазерной спектроскопии комбинационного рассеяния.
55. Спектроскопия насыщения.
56. Поляризационная спектроскопия.
57. Интерференционная спектроскопия насыщения.
58. Спектроскопия гетеродинирования.
59. Бездоплеровская многофотонная спектроскопия.
60. Спектроскопия пересечения уровней с использованием лазеров.
61. Генерация коротких лазерных импульсов.
62. Измерение времен жизни с помощью лазеров.
63. Пикосекундная спектроскопия.
64. Спектроскопия когерентных нестационарных процессов.
65. Исследование столкновительного уширения и сдвига.
66. Исследование процессов передачи энергии в основном электронном состоянии.
67. Измерение дифференциальных сечений в скрещенных молекулярных пучках.
68. Передача энергии при радиационных столкновениях.
69. Оптические резонансы Рамси.
70. Эффект отдачи.
71. Оптическое охлаждение и удержание атомов.
72. Захват и охлаждение ионов.
73. Разрешение в пределах естественной ширины.

### **Критерии оценивания результатов обучения**

Оценка	Критерии оценивания по экзамену
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

### **Критерии оценивания по зачету:**

**«зачтено»:** студент владеет теоретическими знаниями по данному разделу, знает базовый инструментарий для проведения экспериментальных исследований, допускает незначительные ошибки; студент умеет правильно объяснять полученные экспериментальные результаты исследований и теоретический материал, иллюстрируя его примерами из лазерных систем, методами исследований материалов и способами обработки полученных экспериментальных результатов.

**«не зачтено»:** материал не усвоен или усвоен частично, студент затрудняется привести примеры по лазерным системам, методам исследования материалов и способам обработки полученных экспериментальных результатов, довольно ограниченный объем знаний программного материала.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий**

### **5.1. Учебная литература**

1. Демтрёдер В. Современная лазерная спектроскопия. Пер. с англ.: Учебное пособие / В. Демтрёдер – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2014. – 1072 с.

2. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. – Изд.2. – 1988. – 366с.

3. Киселёв Г.Л. Квантовая и оптическая электроника: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 320 с.

4. Ананьев Ю.А. Оптические резонаторы и проблемы расходимости лазерного излучения. Издательство: Москва «Наука», главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 328с.

5. Крылов Т.Н. Интерференционные покрытия. – Ленинград, «Машиностроение», 1973. – 224с.

6. Афанасьев В.А. Оптические измерения: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1981. – 229 с.

7. Быков В.П., Силичев О.О. Лазерные резонаторы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 320 с.
8. Ананьев Ю.А. Оптические резонаторы и лазерные пучки. – М.: «Наука». – Гл.ред. физ.-мат. лит., 1990. – 264 с.
9. Вейло В.П., Либенсон М.Н., Червяков Г.П., Яковлев Е.Б.// Взаимодействие лазерного излучения с веществом.-М.: Физматлит.-2008.-308с.
10. Звелто О.// Принципы лазеров. – СПб.: Лань.- 2008.
11. Евсеев И.В., Рубцова Н.Н., Самарцев В.В.// Когерентная и нелинейная оптика фотонных кристаллов.-М.: Физматлит.-2009.-206с.
12. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника. – Лань.- 2011г.-528 с.
13. Крюков П.Г. Фемтосекундные импульсы.-Физматлит.-2008г.-208с.

## 5.2. Периодическая литература

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>
2. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU <https://grebennikon.ru/>

## 5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

### Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com)
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

### Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prilib.ru/>
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
10. Springer Journals <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
12. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
13. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
14. zbMath <https://zbmath.org/>
15. Nano Database <https://nano.nature.com/>
16. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>
17. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
18. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

### Информационные справочные системы:

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

### Ресурсы свободного доступа:

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал "Учеба" <http://www.uceba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы [http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy\\_i\\_otvety](http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy_i_otvety)

### Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы

#### КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru/>;
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

### 6. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, ауд. 211.	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	MS 365, Red 7, Мой Офис
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, ауд. 133С, 217С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер. Компьютерный класс.	MS 365, Red 7, Мой Офис
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатории НОЦ «Оптические и электронные компоненты» (ауд. 119С, 122С, 123С, 131С)	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование:	Две технологические лаборатории с лабораторной и промышленной установками по росту монокристаллов методом Чохральского: (Кристалл 603). Лаборатория по исследованию контроля качества интегральных

		<p>схем, укомплектованная терагерцовым спектрометром Tera K15 для анализа целостности и качества поверхности исследуемых образцов.</p> <p>Спектрально-измерительный комплекс в спектральном диапазоне от 150 до 20000 нм, состоящий из монохроматора MSDD 1000 с комплектом приемников и излучателей на указанный спектральный диапазон.</p> <p>Квантовые генераторы: YAG:Nd (средняя энергия в импульсе 200мДж, длительность импульса 15 нс), YLF:Nd (средняя энергия в импульсе 300мкДж, длительность импульса 10 нс), полупроводниковый лазер мощностью 10кВт с длиной волны генерации 980 нм, титан-сапфировый лазер, мало-мощный полупроводниковый лазер с длиной волны генерации 980 нм.</p>
Учебные аудитории для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)	<p>Мебель: учебная мебель</p> <p>Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер</p> <p>Оборудование:</p>	

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	<p>Мебель: учебная мебель</p> <p>Комплект специализированной мебели: компьютерные столы</p> <p>Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)</p>	MS 365, Red 7, Мой Офис
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд.208С)	<p>Мебель: учебная мебель</p> <p>Комплект специализированной мебели: компьютерные столы</p> <p>Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-об-</p>	MS 365, Red 7, Мой Офис



	разовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	
--	--	--