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
_____Т.А. Хагуров
подпись
«28» мая 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.03.01 ВОЛОКОННО ОПТИЧЕСКИЕ УСИЛИТЕЛИ И ЛАЗЕРЫ

(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки / специальность
11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль) / специализация
Оптические системы локации, связи и обработки информации
(наименование направленности (профиля) специализации)

Форма обучения очная
(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация магистр
(бакалавр, магистр, специалист)

Краснодар 2021

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.03.01 «Волоконно оптические усилители и лазеры» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Программу составил:

Е.В. Строганова, д-р физ.-мат. наук,
декан физико-технического факультета

подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.03.01 «Волоконно оптические усилители и лазеры» утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники ФТФ, протокол № 8 от 07 апреля 2021 г.
Заведующий кафедрой оптоэлектроники
д-р техн. наук, профессор Н.А. Яковенко

подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета, протокол № 13 от 16 апреля 2021 г.
Председатель УМК ФТФ
д-р физ.-мат. наук, профессор Н.М. Богатов

подпись

Рецензенты:

Шевченко А.В., канд. физ.-мат. наук, ведущий специалист ООО «Южная аналитическая компания»

Исаев В.А., д-р физ.-мат. наук, зав. кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий

1. Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель дисциплины

Учебная дисциплина «Волоконно-оптические усилители и лазеры» ставит своей целью получение студентами теоретических знаний, практических умений и навыков по принципам и физическим основам работы лазеров и лазерных систем, необходимых и достаточных для осуществления всех видов профессиональной деятельности, предусмотренной образовательным стандартом.

Функционирование современных телекоммуникаций немыслимо без оптических и лазерных систем. Наиболее распространенные в инфокоммуникационных технологиях являются лазерные системы, принадлежащие классу твердотельных лазеров и относящихся к типу волоконных. Таким образом, изучение физических принципов и основ работы волоконных лазеров и усилителей является актуальной задачей для студентов, обучающихся по основной образовательной программе «Оптические системы и сети связи» направления Инфокоммуникационные технологии и системы связи.

1.2 Задачи дисциплины

Основными задачами дисциплины являются изучение студентами основ физики, режимов работы, параметров, характеристик и типов лазеров, свойств лазерного излучения, оптических систем формирования и преобразования лазерных пучков и областей применения лазеров, а также приобретения студентами умений и навыков по практической работе с лазерными системами.

1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Волоконно-оптические усилители и лазеры» для магистратуры по направлению подготовки 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» относится к учебному циклу Б1.В.ДВ.03.01 «Волоконно-оптические усилители и лазеры» вариативной части.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных по базовым дисциплинам учебного плана «Автоматизация проектирования инфокоммуникационных систем» и «Оптоэлектронные квантовые приборы и устройства в инфокоммуникационных системах и сетях»), и является основой для изучения следующих дисциплин: «Оптоэлектронные и квантовые приборы», «Сети оптической связи».

Знания, приобретенные в процессе прохождения курса, необходимы для получения базового уровня в понимании физики оптических процессов, принципов работы оптических усилителей и работы квантовых устройств.

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: ПК – 2; ПК – 10.

№ п. п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			Знать	**Уметь**	**Владеть**
1.	ПК - 2	готовностью осваивать принципы работы, технические характеристики и конструктивные особенности разрабатываемых и используемых сооружений, оборудования и средств инфокоммуникаций.	*- особенности конструктивных сооружений и оборудования.*	*- системно анализировать информацию;* *- использовать теоретические знания для решения практических задач.*	*-навыками по работе с техническими характеристиками и средствами инфокоммуникаций;*
2.	ПК – 10	готовностью представлять результаты исследования в форме отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений, интерпретировать и представлять результаты научных исследований, в том числе на иностранном языке, готовностью составлять.	*- основные методы теоретического и экспериментального исследования.*	*- обобщать результаты теоретических и экспериментальных исследований.*	*- навыками проведения эмпирических и прикладных исследований в области экологического и товарного риск-менеджмента; методологией экологического аудита.*

2. Структура и содержание дисциплины.

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет ***3*** зач.ед. (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)
			В
Контактная работа, в том числе:			
Аудиторные занятия (всего):		20	20
Занятия лекционного типа		-	-
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		10	10
Лабораторные занятия		10	10
Иная контактная работа:		0,2	0,2
Контроль самостоятельной работы (КСР)		-	-
Промежуточная аттестация (ИКР) в форме **зачета**		0,2	0,2
Самостоятельная работа, в том числе:		87,8	87,8
Проработка учебного (теоретического) материала		87,8	87,8
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		-	-
Реферат		-	-
Общая трудоемкость	**час.**	**108**	**108**
	в том числе контактная работа	**20,2**	**20,2**
	зач.ед.	**3**	**3**

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в семестре В **сводная таблица** *(очная форма)*:

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов					
		Всего	Аудиторная Работа			КСР	Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР		СРС
1.	Введение в предмет	14	-	-	2	-	12
2.	Взаимодействие излучения с инверсной средой	12	-	2	-	-	10
3.	Структурная схема оптического усилителя и лазера	12	-	2	-	-	10
4.	Оптические резонаторы лазеров	17	-	-	2	-	15
5.	Режимы работы лазеров	15,8	-	4	2	-	9,8
6.	Типы лазеров	10	-	-	-	-	10
7.	Распространение лазерного излучения в атмосфере, воде, космосе и оптическом волокне	13	-	2	2	-	9
8.	Применение лазеров	14	-	-	2	-	12
9.	Промежуточная аттестация в форме зачета	0,2	-	-		-	-
	Итого по дисциплине:	108	-	10	10	-	87,8

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента, КСР – контроль самостоятельной работы.

Контактная работа при проведении учебных занятий по дисциплине «Волоконно-оптические усилители и лазеры» включает в себя: практические занятия, лабораторные работы, групповые консультации (так же и внеаудиторные, через электронную информационно-образовательную среду), промежуточную аттестацию в устной форме.

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	*Введение в предмет.*	История развития лазеров. Классификация лазеров. Принцип действия лазеров. Отличительные свойства лазерного излучения: монохроматичность, когерентность, направленность, интенсивность, поляризация	Опрос, практические задания
2.	*Взаимодействие излучения со средой.*	Энергетические уровни атомов, ионов и молекул. Оптические и неоптические переходы. Вероятности и скорости оптических переходов. Мощность спонтанного и вынужденного излучений. Кинетические уравнения. Ширина и контур спектральных линий. Естественная ширина линий. Факторы, влияющие на уширение линий. Поперечная и продольная релаксация. Однородное и неоднородное уширение линий. Спектральная плотность мощности. Условия усиления электромагнитных волн в идеальной среде. Закон Бугера для нормальной и инверсной сред. Ненасыщенный показатель усиления, зависимость его от частоты. Усиление света в реальной среде. Коэффициент потерь. Активная часть контура усиления. Насыщение усиления. Усиление с учетом эффекта насыщения. Деформация контура усиления в случаях однородного и неоднородного уширения линий. Зависимость потока излучения от пути в усиливающей среде. Сужение спектра при прохождении излучения через усиливающую среду. Общие принципы создания инверсии. Методы заселения и расселения уровней. Способы создания инверсии в различных средах.	Опрос, практические задания
3.	*Структурная схема оптического усилителя и лазера.*	Основные элементы оптического усилителя (на примере усилителя EDFA) и лазера (лазер на основе YAG:Er; YAG:Yb; YAG:Yb,Er и волоконно-оптические лазеры). Лазер как усилитель с положи-	Опрос, практические задания

		тельной обратной связью. Роль спонтанного излучения в развитии генерации.	
4.	*Оптические резонаторы.*	Разновидности оптических резонаторов. Геометрические характеристики. Резонатор как оптический волновод. Потери и добротность резонатора, резонансные свойства. Устойчивые и неустойчивые резонаторы. Интегральное уравнение резонатора. Дифференциальные потери и фазовый сдвиг. Моды резонатора и их обозначение. Плоский и конфокальный резонаторы и их свойства. Гауссовы резонаторы. Оптический резонатор с активным веществом. Основные процессы, происходящие в активном резонаторе: усиление и потери мощности, формирование модового состава излучения, спектральных характеристик, "затягивание" частот, конкуренция и деформация мод.	Опрос, практические задания
5.	*Режимы работы лазеров.*	Режим свободной генерации. Режим модуляции добротности резонатора. Режим синхронизации мод. Многомодовый, одномодовый и одночастотный режим.	Опрос, практические задания
6.	*Типы лазеров.*	Твердотельные лазеры. Общие особенности. Системы оптической накачки. Активные среды. Трехуровневые и четырехуровневые лазеры. Перестраиваемые твердотельные лазеры. Твердотельные микролазеры. Волоконные лазеры. Газовые лазеры. Общие особенности. Обеспечение инверсии в газовых лазерах. Лазеры на нейтральных атомах. Ионные лазеры. Молекулярные лазеры. Лазеры на эксимерах. Электроионизационные, газодинамические и химические лазеры. Волноводные лазеры.	Опрос, практические задания
7.	*Типы лазеров.*	Жидкостные лазеры. Общие особенности. Лазеры на растворах неорганических соединений редкоземельных элементов. Лазеры на растворах органических красителей. Управление спектром излучения жидкостных лазеров. Полупроводниковые лазеры. Общие особенности. Создание инверсии в полупроводниках. Лазеры с электронной накачкой. Инжекционные лазеры. Гетероструктурные лазеры с одно- и двухсторонним ограничением. Рентгеновские, гамма-лазеры и лазеры на свободных электронах. Основные особенности, проблемы и тенденции развития.	Опрос, практические задания
8.	*Распространение лазерного излучения в атмосфере, воде, космосе и оптическом волокне.*	Ослабление лазерного излучения в атмосфере. Влияние атмосферной турбулентности и рефракции на лазерное излучение. Ослабление излучения лазеров в воде и космосе. Особенности прохождения лазерного излучения в оптическом волокне.	ЛР, опрос, практические задания
9.	*Применение лазеров.*	Применение лазеров в промышленности. Применение лазеров в военном деле. Применение лазеров в медицине.	ЛР, опрос, практические задания

		Применение лазеров в дальнометрии, локации, связи и телеуправлении. Применение лазеров в исследованиях окружающей среды. Применение лазеров в научных исследованиях. Применение лазеров в голографии. Применение лазеров в управляемом термоядерном синтезе, разделении изотопов и оптических вычислительных машинах	

Примечание: ПЗ – выполнение практических заданий, КР – контрольная работа, Т – тестирование, ЛР – защита лабораторной работы.

2.3.2 Занятия семинарского типа

Варианты практических заданий берутся из соответствующих разделов книги Н.В. Карлова Лекции по квантовой электронике. М.: Физматлит 1982, - 323с.

№	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Взаимодействие излучения с инверсной средой	**Коэффициенты Эйнштейна.** Задачи для решения в аудитории: № 1, 2, 3(а) (Часть первая; лекция первая, стр. 12 - 13); На дом: № 3 (б-г), 4, 5 Часть первая; лекция первая, стр. 12 - 13)	Проверка усвоения материала домашнего задания. Опрос
2.	Оптические резонаторы лазеров	**Ширина спектральной линии.** Задачи для решения в аудитории: № 1, 2, 3(а) (Часть первая; лекция вторая, стр. 21-22); На дом: № 3 (б-г), 4, 5 Часть первая; лекция вторая, стр. 21-22) **Усиление** Задачи для решения в аудитории: № 1, 2 (Часть первая; лекция третья, стр. 29); На дом: № 3, 4 Часть первая; лекция третья, стр. 29) **Резонаторы** Задачи для решения в аудитории: № 1 (Часть первая; лекция шестая, стр. 61)	Проверка усвоения материала домашнего задания. Опрос
3.	Режимы работы лазеров	**Расчётное задание по моделированию процессов изменения населенностей энергетических состояний в трех уровневой энергетической системе и четырехуровневой энергетической системе** (на примере лазеров YAG:Nd, YAG:Yb).	Проверка усвоения материала домашнего задания. Опрос
4.	Типы лазеров	**Синхронизация мод**	Проверка усвоения

		Задачи для решения в аудитории: № 1 (Часть первая; лекция одиннадцатая, стр. 112)	материала домашнего задания. Опрос

2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	1	Исследование свойств излучения He-Ne-лазера	технический отчёт по лабораторным работам
2.	2	Исследование свойств излучения в твердотельных лазерах на основе полупроводника; YAG:Nd; YLF:Nd	технический отчёт по лабораторным работам
3.	3	Исследование поглощения оптических центров Yb^{3+} и Er^{3+} и определение спектров сечения поглощения оптических центров.	технический отчёт по лабораторным работам
4.	4,5	Исследование поглощения оптических центров Yb^{3+} и Er^{3+} и определение спектров сечения поглощения оптических центров.	технический отчёт по лабораторным работам
5.	4,5	Изучение кинетик затухания люминесценции оптических центров Yb^{3+} и Er^{3+} в различных спектральных диапазонах	технический отчёт по лабораторным работам
6.	5	Изучение спектров сечения излучения оптических центров Yb^{3+} и Er^{3+} в различных спектральных диапазонах	технический отчёт по лабораторным работам
7.	6	Изучение спектров усиления оптических центров Yb^{3+} и Er^{3+} в различных спектральных диапазонах	технический отчёт по лабораторным работам

Проведение занятий лабораторного практикума предусмотрено в лаборатории «Оптического материаловедения»» (аудитория 119с) . В качестве лабораторного оборудования используются различные твердотельные лазеры: YAG:Nd, YLF:Nd; Ti-сапфировый лазер; полупроводниковые лазеры с длиной волны генерации 980 нм. В качестве спектрального оборудования используется монохроматор МДР 204 (ЛОМО-Фотоника). В качестве приемников излучения используются лавинный фотодиод (рабочий диапазон 1000-1700 нм); фотосопротивления PbS, PbSe; ПЗС-матрица (спектральный диапазон 450-1000 нм).

Проведение моделирования физических процессов и расчет генерационных параметров исследуемых образцов производится на персональных ЭВМ, оснащенных соответствующим лицензионным оборудованием.

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов).

Согласно учебному плану курсовые работы (проекты) по данной дисциплине 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	Проработка учебного (теоретического материала), подготовка к текущей и промежуточной аттестации (зачёту и вопросам)	1. Цуканов В.Н., Яковлев М.Я. Волоконно-оптическая техника. Практическое руководство. – М.: Инфра-Инженерия. - 2014. – 304 с. 2. Ларкин А.И. Когерентная фотоника. – М.: БИНОМ, 2007. 3. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2011.- 504 с.
2	Подготовка к практическим занятиям	1. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № 6 от «01» марта 2017г. 2. Галуцкий В.В. Оптические материалы на основе стеклянных матриц. – Краснодар.: Новация, 2016. – 64 с. 3. Строганова Е.В., Галуцкий В.В. Оптическое материаловедение. Часть I: учебное пособие. – Краснодар.: Новация, 2015. – 72 с.
3	Подготовка к выполнению лабораторных работ	1. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № 6 от «01» марта 2017г. 2. Методические рекомендации, описания и задания к проведению лабораторных работ размещены в электронной информационно-образовательной среде Модульного Динамического Обучения КубГУ.

Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по темам программы для проработки теоретического материала

№	Наименование раздела	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1.	Введение в предмет.	Шандаров, С.М. **Введение в квантовую и оптическую электронику** [Электронный ресурс]: учеб. пособие / С.М. Шандаров, А.И. Башкиров. — Электрон. дан. — Москва : ТУСУР, 2012. — 98 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/5429. — Загл. с экрана. Шандаров, С.М. **Физические основы квантовой электроники и фотоники** [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : ТУСУР, 2012. — 47 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/10867. — Загл. с экрана.

2.	Взаимодействие излучения со средой.	Шандаров, С.М. **Введение в квантовую и оптическую электронику** [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.М. Шандаров, А.И. Башкиров. — Электрон. дан. — Москва : ТУСУР, 2012. — 98 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/5429. — Загл. с экрана. Шандаров, С.М. **Физические основы квантовой электроники и фотоники** [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : ТУСУР, 2012. — 47 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/10867. — Загл. с экрана.
3.	Структурная схема оптического усилителя и лазера.	Шандаров, С.М. **Введение в квантовую и оптическую электронику** [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.М. Шандаров, А.И. Башкиров. — Электрон. дан. — Москва : ТУСУР, 2012. — 98 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/5429. — Загл. с экрана. Шандаров, С.М. **Физические основы квантовой электроники и фотоники** [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : ТУСУР, 2012. — 47 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/10867. — Загл. с экрана.
4.	Оптические резонаторы.	Земский, В.И. **Физика и техника импульсных лазеров на красителях** [Электронный ресурс] : монография / В.И. Земский, Ю.Л. Колесников, И.К. Мешковский. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2005. — 176 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/43763. — Загл. с экрана.
5.	Режимы работы лазеров.	Земский, В.И. **Физика и техника импульсных лазеров на красителях** [Электронный ресурс] : монография / В.И. Земский, Ю.Л. Колесников, И.К. Мешковский. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2005. — 176 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/43763. — Загл. с экрана.
6.	Типы лазеров.	Голубенко, Ю.В. **Волоконные технологические лазеры** [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю.В. Голубенко, А.В. Богданов, Ю.В. Иванов. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 50 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/52342. — Загл. с экрана.
7.	Типы лазеров.	Земский, В.И. **Физика и техника импульсных лазеров на красителях** [Электронный ресурс] : монография / В.И. Земский, Ю.Л. Колесников, И.К. Мешковский. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2005. — 176 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/43763. — Загл. с экрана.
8.	Распространение лазерного излучения в атмосфере, воде, космосе и оптическом волокне.	Тучин, В.В. **Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях** [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2010. — 499 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/2350. — Загл. с экрана.
9.	Применение лазеров.	Вейко, В.П. **Опорный конспект лекций по курсу «Физико-технические основы лазерных технологий». Раздел: Технологические лазеры и лазерное излечение** [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. —

		Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2005. — 50 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/43609. — Загл. с экрана. Богданов, А.В. **Волоконные технологические лазеры и их применение** [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.В. Богданов, Ю.В. Голубенко. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 236 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/101825. — Загл. с экрана.

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 форме электронного документа или в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа или печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа или печатной форме.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии

При изучении дисциплины проводятся следующие виды учебных занятий и работ: лекции, практические занятия, домашние задания, тестирование, защита лабораторных работ, консультации с преподавателем, самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала, подготовка к практическими занятиям, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних заданий, подготовка к тестированию и зачету).

Для проведения части лекционных занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержимого (занятия в интерактивной форме), позволяющего студенту воспринимать особенности изучаемой дисциплины, играющие решающую роль в понимании и восприятии, а так же в формировании профессиональных компетенций. По ряду тем дисциплины лекций проходит в классическом стиле. Студенту в режиме самостоятельной работы рекомендуется использовать литературу и просмотр видео по темам в сети Интернет.

При проведении практических занятий может использоваться доска, для расчетов и анализа данных могут применяться дополнительные справочные материалы. Предварительно изучая рекомендованную литературу студенты готовятся к практическому занятию - анализируют предложенные в учебнике примеры решения задач. На практических занятиях учебная группа делится на подгруппы по 5-7 человека. Каждой подгруппе выдаются свои исходных данные к рассматриваемым на занятии задачам. Решение задачи группа оформляет на доске и публично защищает. При возникновении трудностей преподаватель помогает группам в достижении положительного результата. В ходе проверки промежуточных результатов, поиска и исправления ошибок, осуществляется интерактивное взаимодействие всех участников занятия.

При проведении лабораторных работ подгруппа разбивается на команды по

2-3 человека. Каждой команде выдаётся задание на выполнение лабораторной работы. Студенты самостоятельно распределяют обязанности и приступают к выполнению задания, взаимодействуя между собой. Преподаватель контролирует ход выполнения работы каждой группой. Уточняя ход работы, если студенты что-то выполняют не правильно, преподаватель помогает им преодолеть сложные моменты и проверяет достоверность полученных экспериментальных результатов. После оформления технического отчета команды отвечают на теоретические контрольные и дополнительные вопросы и защищают лабораторную работу.

Консультации проводятся раз в две недели для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении вопросов изучаемой дисциплины.

Таким образом, **основными образовательными технологиями, используемыми в учебном процессе являются:** интерактивная лекция с мультимедийной системой и активным вовлечением студентов в учебный процесс; обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем и с последующим разбором этих вопросов на практических занятиях; лабораторные занятия – работа студентов в малых группах в режимах взаимодействия «преподаватель – студент», «студент – преподаватель», «студент – студент». При проведении практических и лабораторных учебных занятий предусмотрено развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений и лидерских качеств.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

В процессе подготовки к ответам на контрольные вопросы, опрос и практическим заданиям формируются все требуемые ФГОС и ООП для направления 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (профиль: "Оптические системы и сети связи") компетенции: ПК-2, ПК-10.

Текущий контроль организован следующих в формах: защита лабораторных работ, контрольная работа, опрос, в ходе практических и лабораторных занятиях путем оценки активности студента и результативности его действий.

Ниже приводится перечень и примеры оценочных средств. Полный комплект оценочных средств приводится в ФОС дисциплины Б1.В.ДВ.03.01 «Волоконно-оптические усилители и лазеры».

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля содержит:
– варианты контрольных работ;
– контрольные вопросы к лабораторным работам и требования к содержанию отчета.

Примеры вариантов контрольных работ

Система оценок выполнения контрольного тестирования:
– «отлично» – количество правильно решенных задач - 3;
– «хорошо» – количество правильно решенных задач - 2;
– «удовлетворительно» – количество правильно решенных задач - 1

Ниже приводится пример некоторых заданий контрольного тестирования.

Вариант № 1

№ 1.
Пусть два возбужденных уровня находятся в термодинамическом равновесии. Найдите относительную населенность верхнего уровня по сравнению с нижним, если энергетический зазор между уровнями соответствует частоте генерационного перехода 24 ГГц при температуре 300 К.

№ 2.
Вычислите равновесную разность населенностей в двухуровневой системе при Т= 300 К, отнесенную к общему числу частиц, считая кратности вырождения уровней одинаковыми, для случая, когда энергетический зазор между ними составляет 10 эВ. Укажите длины волн и частоты соответствующие излучению.

№ 3.
Найдите относительные населенности энергетических состояний, соответствующих длине волны генерационного перехода для CO_2 лазера (λ = 10,6 мкм) при температуре 77 К.

Вариант № 2

№ 1.
Пусть два возбужденных уровня находятся в термодинамическом равновесии. Найдите относительную населенность верхнего уровня по сравнению с нижним, если энергетический зазор между уровнями соответствует длине волны генерационного перехода 1,064 мкм при температуре 77 К.

№ 2.
Вычислите равновесную разность населенностей в двухуровневой системе при Т= 300 К, отнесенную к общему числу частиц, считая кратности вырождения уровней одинаковыми, для случая, когда энергетический зазор между ними составляет 0,1 эВ. Укажите длины волн и частоты соответствующие излучению.

№3.
Найдите относительные населенности энергетических состояний, соответствующих длине волны генерационного перехода для аргонового лазера (λ = 0,488 мкм) при температуре 77 К.

Контрольная работа № 2

Вариант № 1

№ 1.
Естественная ширина линии генерационного перехода CO_2 – лазера ((λ = 10,6 мкм) между колебательными уровнями основного электронного состояния составляет 50 мГц. Чему равно спонтанное время жизни верхнего лазерного уровня?

№ 2.
Неоднородность внутренних электростатических полей обусловливает сильное неоднородное уширение. Линия люминесценции иона неодима в стекле, соответствует переходу $^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$ (λ = 1,06 мкм), имеет полуширину $\Delta\lambda \approx 30$ нм. Каково эффективное время поперечной релаксации иона неодима?

Вариант № 2

№ 1.
Какой механизм уширения спектральных линий преобладает в кубических кристаллах? В стеклах? Что является причиной неоднородного уширения спектральных линий в примесном кристалле?

№ 2.
Чему равна ширина верхнего лазерного уровня $^4F_{3/2}$ ионов неодима в стекле, если нижний лазерный уровень дезактивируется со скоростью $1/\tau_{02}= 10^8$ c^{-1}. Считать, линия люминесценции иона неодима в стекле, соответствует переходу $^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$ (λ = 1,06 мкм), имеет полуширину $\Delta\lambda \approx 30$ нм.

Примеры контрольных вопросов при защите лабораторных работ

Перечислите основные материалы, применяющиеся в качестве оптических усилителей.
Объясните физические процессы, протекающие в оптическом материале при воздействие на него электромагнитным полем
Перечислите квантовые переходы в оптическом материале.
Объясните особенности каждого квантового перехода, осуществляющегося в оптическом материале.
В чем суть индуцированных переходов.
Что собой представляет «абсолютно черное тело». Каковы его особенности и основные характеристики.
Перечислите условия, которые необходимы для процесса усиления электромагнитного поля.
Что такое оптический резонатор.
Основные типы оптических резонаторов и их характеристики.
В чем особенность резонаторов титан-сапфировых лазеров.
Каковы особенности кольцевых резонаторов.
Перечислите основные генерационные параметры лазера.
Как влияет температура на генерационные параметры.
От чего зависит естественная ширина линии.
Какова особенность системы охлаждения волоконных усилителей и лазеров.
Чем определяется модовая структура излучения в активном лазерном элементе.
Что такое синхронизация мод.
В чем особенности EDFA усилителя.
Принцип действия импульсного режима работы лазерной системы.
Принцип модуляции добротности оптического излучения.

В чем особенность активны и пассивных оптических элементов лазерной системы.
Как осуществляется режим работы фемтосекундных лазеров.
Что такое бреговская решетка.
Перечислите типы бреговских решеток и их особенности и принципы использования.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации содержит контрольные вопросы и практические задания выносимые для оценивания окончательных результатов обучения по дисциплине.

Результаты промежуточной аттестации (зачет) выставляются исходя из результатов сдачи лабораторных работ, выполнения контрольных работ студентов, посещения и результатов участия в дискуссиях на занятиях, приводящихся в интерактивной форме.

4.2.1. Вопросы и примеры типовых практических заданий, выносимые на зачет в семестре В по дисциплине «Волоконно-оптические усилители и лазеры» для направления подготовки: 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профиль "Оптические системы и сети связи" (промежуточная аттестация может быть выставлена по результатам активности студента при выполнении и защиты лабораторных работ с учетом посещения лекций)

1. Перечислите основные материалы, применяющиеся в качестве оптических усилителей.
2. Объясните физические процессы, протекающие в оптическом материале при воздействии на него электромагнитным полем
3. Перечислите квантовые переходы в оптическом материале.
4. Объясните особенности каждого квантового перехода, осуществляющегося в оптическом материале.
5. В чем суть индуцированных переходов.
6. Что собой представляет «абсолютно черное тело». Каковы его особенности и основные характеристики.
7. Перечислите условия, которые необходимы для процесса усиления электромагнитного поля.
8. Что такое оптический резонатор.
9. Основные типы оптических резонаторов и их характеристики.
10. В чем особенность резонаторов титан-сапфировых лазеров.
11. Каковы особенности кольцевых резонаторов.
12. Перечислите основные генерационные параметры лазера.
13. Как влияет температура на генерационные параметры.
14. От чего зависит естественная ширина линии.
15. Какова особенность системы охлаждения волоконных усилителей и лазеров.
16. Чем определяется модовая структура излучения в активном лазерном элементе.
17. Что такое синхронизация мод.
18. В чем особенности EDFA усилителя.

19. Принцип действия импульсного режима работы лазерной системы.
20. Принцип модуляции добротности оптического излучения.
21. В чем особенность активны и пассивных оптических элементов лазерной системы.
22. Как осуществляется режим работы фемтосекундных лазеров.
23. Что такое бреговская решетка.
24. Перечислите типы бреговских решеток и их особенности и принципы использования.

Практическое задание № 1.

Какой механизм уширения спектральных линий преобладает в кубических кристаллах? В стеклах? Что является причиной неоднородного уширения спектральных линий в примесном кристалле?

Практическое задание № 2

Вычислите равновесную разность населенностей в двухуровневой системе при T= 300 К, отнесенную к общему числу частиц, считая кратности вырождения уровней одинаковыми, для случая, когда энергетический зазор между ними составляет 0,1 эВ. Укажите длины волн и частоты соответствующие излучению.

Практическое задание № 3

Чему равна ширина верхнего лазерного уровня $^4F_{3/2}$ ионов неодима в стекле, если нижний лазерный уровень дезактивируется со скоростью $1/\tau_{02}= 10^8$ c^{-1}. Считать, линия люминесценции иона неодима в стекле, соответствует переходу $^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$ (λ = 1,06 мкм), имеет полуширину $\Delta\lambda \approx 30$ нм.

Оценки **«зачет»** заслуживает обучающийся который, как минимум, показал знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой. Оценка "зачет" выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на зачете и при выполнении практических заданий, выносимых на зачет, но обладающим необходимыми знаниями и умениями для их устранения при корректировке со стороны преподавателя.

Оценка **"не зачтено"** выставляется обучающемуся, обнаружившему существенные пробелы в знаниях основного программного материала по дисциплине, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий (отсутствие знаний значительной части программного материала; непонимание основного содержания теоретического материала; неспособность ответить на уточняющие вопросы; неумение применять теоретические знания при решении практических задач допустившему принципиальные ошибки, которые не позволяют ему продолжить обучение или приступить к практической профессиональной деятельности по окончании образо-

вательного учреждения без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине).

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;

– 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.

Тип прибора В мВ кОм Гц

КТ 215 В 10 20 3 500

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 основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).

5.1 Основная литература:

1. Ларкин А.И. Когерентная фотоника. – М.: БИНОМ, 2007.
2. Игнатов, А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 596 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/95150
3. Калитиевский Н.И. Волновая оптика. – СПб.: Лань, 2008.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

5.2 Дополнительная литература:

1. Звелто О. Принципы лазеров. – СПб.: Лань, 2008.
2. Цуканов В.Н., Яковлев М.Я. Волоконно-оптическая техника. Практическое руководство. – М.: Инфра-Инженерия. - 2014. – 304 с.
3. Лазеры: применения и приложения [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.С. Борейшо [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 520 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/87570.

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

1. Электронная библиотека ЮРАЙТ: www.biblio-online.ru
2. Электронно-библиотечная система ЛАНЬ: https://e.lanbook.com

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

Одним из основных видов деятельности студента является самостоятельная работа, которая включает в себя изучение лекционного материала, учебников и учебных пособий, подготовки к выполнению лабораторных работ и оформлению технических отчётов по ним, а так же подготовки к практическим занятиям изучением краткой теории в задачниках и решении домашних заданий.

Методика самостоятельной работы предварительно разъясняется преподавателем и в последующем может уточняться с учетом индивидуальных особенностей студентов. Время и место самостоятельной работы выбираются студентами по своему усмотрению с учетом рекомендаций преподавателя в виде плана самостоятельной работы студента. Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Самостоятельную работу над дисциплиной следует начинать с изучения программы, которая содержит основные требования к знаниям, умениям и навыкам обучаемых. Обязательно следует вспомнить рекомендации преподавателя, данные в ходе установочных занятий. Затем следует приступать к изучению отдельных разделов и тем в порядке, предусмотренном программой.

Получив представление об основном содержании раздела, темы, необходимо изучить материал по теме, изложенный в учебнике. Целесообразно составить краткий конспект или схему, отображающую смысл и связи основных понятий данного раздела и включенных в него тем. Обязательно следует записывать возникшие вопросы, на которые не удалось ответить самостоятельно.

Необходимо изучить список рекомендованной основной и дополнительной литературы и убедиться в её наличии в личном пользовании или в подразделениях библиотеки в бумажном или электронном виде. Всю основную учебную литературу желательно изучать с составлением конспекта. Цель написания конспекта по дисциплине – сформировать навыки по поиску, отбору, анализу и формулированию учебного материала. Эти навыки обязательны для любого специалиста с высшим образованием независимо от выбранного направления. При работе над конспектом обязательно выявляются и отмечаются трудные для самостоятельного изучения вопросы, с которыми уместно обратиться к преподавателю при посещении занятий и консультаций, либо в индивидуальном порядке.

К практическим занятиям необходимо готовится предварительно, до начала занятия. Необходимо ознакомится с краткой теорией в рекомендованном задачнике по соответствующей теме и проработать примеры решений разобранных в задачнике упражнений. В ходе подготовки, так же следует вести конспектирование, а возникшие вопросы задать ведущему преподавателю в начале практического занятия.

К лабораторным работам следует подготовиться предварительно, ознакомившись заранее и с методическими рекомендациями по проведению соответствующей лабораторной работы, и в случае необходимости провести предварительные расчёты.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены индивидуальные консультации (в том числе через email), так как большое значение имеет консультации. Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

Рекомендуется следующий график самостоятельной работы студентов по учебным неделям каждого семестра:

Рекомендуемый график самостоятельной работы студентов в семестре В по дисциплине
«Волоконно-оптические усилители и лазеры»

№ п/п	Наименование раздела	Содержание самостоятельной работы	Примерный бюджет времени на выполнение уч. час. (СРС)	Сроки выполнения задания (номер учебной недели семестра)	Форма отчетности по заданию	Форма контроля
1	Введение в предмет	Изучение литературы по истории создания и развитию лазерных систем	5,8	2	Текстовый документ, презентация	Устный ответ
2	Взаимодействие излучения с инверсной средой	Изучение и анализ литературы, по вопросам современных областей использования лазерных систем	11	2	Текстовый документ, презентация	Устный ответ
3	Структурная схема оптического усилителя и лазера	Поиск и анализ Интернет-источников, составление аннотированного списка найденных ресурсов по теме. Поиск ответов на вопросы для самоконтроля.	11	2	Текстовый файл, презентация	Устный ответ
4	Оптические резонаторы лазеров	Изучение методов математического моделирования генерационных процессов	11	4	Расчетный файл, презентация	Устный ответ
5	Режимы работы лазеров	Обработка информации с использованием программ Excel, Маткад	13	2	Файлы математических редакторов, презентация	Устный ответ
6	Типы лазеров	Моделирование генерационных процессов в заданных актив-	11	4	Файлы математических редакторов, презентация	Устный ответ

		ных средах (решение конкретных инженерных задач).				
7	Распространение лазерного излучения в атмосфере, воде, космосе и оптическом волокне	Изучение основ разработки технической документации на лазерные системы	14	4	Текстовый документ, презентация	Устный ответ
8	Применение лазеров	Подготовка отчетной документации по вопросам моделирования генерационных процессов в различных лазерных системах	11	6	Текстовый документ, расчетный файлы в математических редакторах, презентация	Устный ответ
		Итого:	87,8			

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю).

8.1 Перечень информационных технологий.

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине «Волоконно-оптические усилители и лазеры» используются интегрированные технологии организации учебного процесса, т.е. различные сочетания аудиторных и дистанционных занятий. Лекторы и преподаватели, ведущие практические и семинарские занятия, до начала семестра составляют и размещают на сервере график учебного процесса, где детально описывают порядок изучения дисциплины в данном семестре. Основной фактический материал, заранее подготовленный лектором и снабженный необходимым количеством иллюстраций и интерактивных элементов, размещается на сервере вместе с методическими рекомендациями по его самостоятельному изучению.

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.

Так как для самостоятельной работы обучающихся предполагается доступ в электронную информационно-образовательную среду организации и сеть Интернет, то общие требования к помещениям для самостоятельной работы обучающихся вполне достаточно. Дополнительно, специализированное программное обеспечение для реализации настоящей программы не требуется.

8.3 Перечень информационных справочных систем:

1. Электронная библиотека ЮРАЙТ: www.biblio-online.ru
2. Электронно-библиотечная система ЛАНЬ: https://e.lanbook.com

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации – ауд. 209, корп. С (ул. Ставропольская, 149)
2.	Лабораторные занятия	Учебная аудитория для проведения лабораторных работ – ауд. 119, 122 корп. С (ул. Ставропольская, 149)
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации – ауд. 209, корп. С (ул. Ставропольская, 149)
4.	Промежуточная аттестация	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации – ауд. 209, корп. С (ул. Ставропольская, 149)

5.	Самостоятельная работа	Аудитория для самостоятельной работы – ауд. 208, корп. С (ул. Ставропольская, 149)