

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



Т.А. Хагуров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.03.02.04
КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки

11.03.04 Электроника и наноэлектроника

(код и наименование направления подготовки)

Направленность (профиль)

Интегральная электроника, фотоника и наноэлектроника

(наименование направленности (профиля))

Форма обучения очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация

бакалавр

Краснодар 2025

Рабочая программа дисциплины “Б1.В.ДВ.03.02.04 Квантовая электроника” составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки “11.03.04 Электроника и нанoeлектроника”.

Программу составил:

Строганова Елена Валерьевна, профессор кафедры оптоэлектроники, доктор физико-математических наук



Рабочая программа дисциплины “Квантовая электроника” утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники КубГУ
протокол № 10 «22» апреля 2025 г.

И. о. заведующего кафедрой оптоэлектроники Векшин М.М. 

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета КубГУ
протокол № 11 «29» апреля 2025 г.

Председатель УМК факультета Богатов Н.М.



Рецензенты:

Попов Юрий Борисович, доцент кафедры радиофизики и нанотехнологий КубГУ, к.т.н.

Кулиш Ольга Александровна, доцент Краснодарского высшего военного Краснознаменного училища имени генерала армии С.М.Штеменко

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины

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

Функционирование современных телекоммуникаций, сканирующих систем невозможно без квантовых, оптических и лазерных систем. Наиболее распространены лазерные системы, принадлежащие классу твердотельных лазеров. Таким образом, изучение физических принципов и основ работы твердотельных лазеров и усилителей является актуальной задачей для студентов, обучающихся по основной образовательной программе «Интегральная электроника, фотоника и наноэлектроника» направления Электроника и наноэлектроника.

1.2 Задачи дисциплины

Основными задачами дисциплины являются изучение студентами основ принципов работы, физики процессов, режимов и условий работы, параметров, характеристик и типов квантовых устройств, оптических систем формирования и преобразования лазерных сигналов и областей их применения, а также приобретения студентами умений и навыков по практической работе с квантовыми устройствами.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Квантовая электроника» для бакалавриата по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» относится к учебному циклу «Часть, формируемая участниками образовательных отношений» образовательного модуля «Молекулярные и квантовые технологии».

Дисциплина базируется на знаниях, полученных по базовым дисциплинам учебного плана «Оптика», «Физика полупроводников и электроника», «Радиооптика и фотоника», «Электродинамика и распространение радиоволн».

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

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине (<i>знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности)</i>)
ПК-3 Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	
ИПК-3.1. Способен строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков	Знает все необходимые требования для построения физических и математических моделей, узлов и блоков.
	Умеет правильно выстроить концепцию и логику представления результатов по моделированию узлов, блоков устройств
	Владеет необходимыми навыками верификации физических и математических моделей узлов и блоков.
ИПК-3.2. Владеет навыками компьютерного моделирования	Знает требования к ПО для осуществления компьютерного моделирования

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине (<i>знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности)</i>)
	Умеет составлять основу для физического и математического моделирования в части математического инструментария.
	Владеет навыками представления и верификации модели узлов и блоков.
ПК-4 Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	
ИПК-4.1. Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков	Знает основные методы экспериментальных исследований параметров и характеристик отдельных элементов и узлов сложных квантовых (лазерных) систем и параметры их стандартных режимов работы.
	Умеет на практике применять методики по экспериментальным исследованиям узлов и блоков квантовых приборов.
	Способен на практике использовать свои навыки в запуске и тестировании работы квантовых устройств.
ИПК-4.2. Способен проводить исследования характеристик электронных приборов	Знает устройство всех узлов и элементов квантовых приборов и параметры рабочих состояний.
	Умеет осуществлять диагностику технического состояния узлов и отдельных элементов квантовых устройств и систем
	Владеет навыками оценки эффективности работоспособности оборудования, основанного на квантовых эффектах.

**Вид индекса индикатора соответствует учебному плану.*

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 3 зачетные единицы (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ	Всего часов	Форма обучения			
		очная		очно-заочная	заочная
		6 семестр (часы)	X семестр (часы)	X семестр (часы)	X курс (часы)
Контактная работа, в том числе:		61,2			
Аудиторные занятия (всего):		56			
занятия лекционного типа		28			
лабораторные занятия		28			
практические занятия					
семинарские занятия					
Иная контактная работа:					
Контроль самостоятельной работы (КСР)		5			
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2			
Самостоятельная работа, в том числе:					
Курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)					

Контрольная работа					
Расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)					
Реферат/эссе (подготовка)					
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.)		46,8			
Подготовка к текущему контролю					
Контроль:					
Подготовка к экзамену					
Общая трудоемкость	час.	108	108		
	в том числе контактная работа				
	зач. ед	3	3		

2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 3 семестре

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СРС
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Введение в предмет. Основные принципы квантовых устройств.	6	2			4
2.	Взаимодействие электромагнитного поля с оптически активной средой.	13	2		6	5
3.	Энергетическая структура оптических центров в кристаллических и стеклянных матрицах.	10	2		4	4
4.	Условия формирования квантовых точек в полупроводниковых структурах	7	2			5
5.	Взаимодействие излучения с инверсной средой, условия усиления сигналов	10	2		6	2
6.	Структурная схема квантового генератора. Принцип работы и примеры осуществления положительной обратной связи в квантовых устройствах	11	2		4	5
7.	Режимы работы квантовых генераторов	12	4		4	4
8.	Типы квантовых устройств и области их применения.	9	4			5
9.	Преобразователи оптического излучения, условия реализации нелинейных эффектов	12	4		4	4
10.	Распространение лазерного излучения в атмосфере, воде, космосе и оптическом волокне	7	2			5
11.	Применение квантовых устройств. Современные тенденции развития квантовых устройств.	5,8	2			3,8
	ИТОГО по разделам дисциплины	102,8	28		28	46,8
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	5				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2				
	Подготовка к текущему контролю					
	Общая трудоемкость по дисциплине	108				

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

Курсовой проект: не предусмотрен

Форма проведения аттестации по дисциплине: зачет

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	<i>Введение в предмет. Основные принципы квантовых устройств</i>	История развития лазеров. Классификация лазеров. Принцип действия лазеров. Отличительные свойства лазерного излучения: монохроматичность, когерентность, направленность, интенсивность, поляризация. 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	РГЗ
2.	<i>Взаимодействие электромагнитного поля с оптически активной средой</i>	Законы распространения электромагнитного поля в оптически активной среде. Поляризация.	ЛР
3.	<i>Энергетическая структура оптических центров в кристаллических и стеклянных матрицах.</i>	Оптические центры различной природы: переходные металлы, лантаноиды. Энергетическая структура оптических центров. Условия влияния на энергетическую структуру центра кристаллического поля окружения лигандов и локальной симметрии оптического центра.	ЛР
4.	<i>Условия формирования квантовых точек в полупроводниковых структурах</i>	Принципы формирования энергетической структуры в полупроводниковых и диэлектрических слоистых структурах. Приближения при решении уравнения Шредингера для слоистых структур.	РГЗ
5.	<i>Взаимодействие излучения с инверсной средой, условия усиления сигналов</i>	Условия усиления электромагнитного поля при его прохождении через оптически активную среду. Формирование модовой структуры электромагнитного поля.	ЛР
6.	<i>Структурная схема квантового генератора. Принцип работы и примеры осуществления положительной обратной связи в квантовых устройствах</i>	Основные элементы оптического усилителя (на примере усилителя EDFA) и лазера (лазер на основе YAG:Er; YAG:Yb; YAG:Yb,Er и волоконные лазеры). Лазер как усилитель с положительной обратной связью. Роль спонтанного излучения в развитии генерации. Разновидности оптических резонаторов. Геометрические характеристики. Резонатор как оптический волновод. Потери и добротность резонатора, резонансные свойства. Устойчивые и неустойчивые резонаторы.	РГЗ

		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.	
7.	<i>Режимы работы квантовых генераторов</i>	Режим свободной генерации. Режим модуляции добротности резонатора. Режим синхронизации мод. Многомодовый, одномодовый и одночастотный режим.	ЛР
8.	<i>Типы квантовых устройств и области их применения</i>	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.	Р
9.	<i>Преобразователи оптического излучения, условия реализации нелинейных эффектов</i>	Условия получения суммарной и разностной частоты генератора задающих сигналов для различных частотных диапазонов электромагнитных полей.	ЛР
10.	<i>Распространение лазерного излучения в атмосфере, воде, космосе и оптическом волокне</i>	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	Р
11.	<i>Применение квантовых устройств. Современные тенденции развития квантовых устройств.</i>	Применение лазеров в промышленности. Применение лазеров в военном деле. Применение лазеров в медицине. 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	Р

2.3.2 Занятия семинарского типа (лабораторные работы) - не предусмотрены

2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	2	Взаимодействие электромагнитного поля с оптически активной средой. Исследование спектров поглощения.	отчет по лабораторной работе
2.	3	Исследование спектров поглощения и излучения кристаллических соединений с элементами группы лантаноидов (редкоземельные металлы: Nd, Er, Yb) и переходных металлов: Cr.	отчёт по лабораторным работам
3.	5	Получение спектров усиления в лазерных кристаллах.	отчёт по лабораторным работам

4.	6	Изучение структурной схемы и работы отдельных узлов квантовых генераторов на примере He-Ne лазера, YAG:Nd, YLF:Nd и полупроводникового лазерного диода	отчёт по лабораторным работам
5.	7	Изучение непрерывного и импульсного режимов работы квантового генератора на примере лазерного полупроводникового диода.	отчёт по лабораторным работам
6.	9	Получение второй гармоники YAG:Nd лазера при помощи нелинейно-оптического преобразователя на основе LiNbO ₃	отчёт по лабораторным работам

Проведение занятий лабораторного практикума предусмотрено в лабораториях «Оптического материаловедения» (аудитория 119с), Лаборатория фотоники (ауд. 122С), «Лаборатория роста кристаллов» (ауд. 131С). 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

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)

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	Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике / Н.В., Карлов. – Москва : Наука, 1988. – 322с. Ананьев Ю.А. Оптические резонаторы и лазерные пучки / Ю.А., Ананьев. – Москва : Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1990. – 264 с. Быков В.П., Силичев О.О. Лазерные резонаторы / В.П., Быков. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 320 с. Борисёнок, С. В. Квантовая статистическая механика : учебное пособие / С. В. Борисёнок, А. С. Кондратьев. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. — 136 с. — ISBN 978-5-9221-1277-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/2672 (дата обращения: 26.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. Белинский, А. В. Квантовые измерения : учебное пособие / А. В. Белинский. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний,

		2020. — 185 с. — ISBN 978-5-00101-691-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/135495 (дата обращения: 26.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. Колобов, М. И. Квантовое изображение : монография / М. И. Колобов ; под редакцией М. И. Колобова ; перевод с английского Т. Ю. Голубевой, А. С. Чиркина. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 524 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/48273 (дата обращения: 26.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. Клаудер Дж., Основы квантовой оптики, Клаудер Дж., Сударшан Э., М.: издательство Мир, 1970
2	Подготовка к выполнению лабораторных работ	Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике / Н.В., Карлов. — Москва : Наука, 1988. — 322с. Ананьев Ю.А. Оптические резонаторы и лазерные пучки / Ю.А., Ананьев. — Москва : Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1990. — 264 с. Быков В.П., Силичев О.О. Лазерные резонаторы / В.П., Быков. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. — 320 с. Белоконь, Александр Владимирович. Математическое моделирование необратимых процессов поляризации / А. В. Белоконь, А. С. Скалиух. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. Оптоэлектронные и квантовые приборы в телекоммуникационных системах : практикум / В. В. Галуцкий, Е. В. Строганова, Н. А. Яковенко ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - Краснодар : [Кубанский государственный университет], 2013.

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.	Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике / Н.В., Карлов. — Москва : Наука, 1988. — 322с. 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. — 47с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/10867. — Загл. с экрана.
2.	Взаимодействие излучения со средой.	Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике / Н.В., Карлов. — Москва : Наука, 1988. — 322с. 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.	Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике / Н.В., Карлов. — Москва : Наука, 1988. — 322 с. 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. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике / Н.В., Карлов. — Москва : Наука, 1988. — 322 с. Ананьев Ю.А. Оптические резонаторы и лазерные пучки / Ю.А., Ананьев. — Москва : Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1990. — 264 с. Быков В.П., Силичев О.О. Лазерные резонаторы / В.П., Быков. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. — 320 с.
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. Ананьев Ю.А. Оптические резонаторы и лазерные пучки / Ю.А., Ананьев. — Москва : Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1990. — 264 с. Быков В.П., Силичев О.О. Лазерные резонаторы / В.П., Быков. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. — 320 с.
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.

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)

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 практическим занятиям, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних заданий, подготовка к тестированию и зачету).

Для проведения части лекционных занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержания (занятия в интерактивной форме), позволяющего студенту воспринимать особенности изучаемой дисциплины, играющие решающую роль в понимании и восприятии, а также 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 исходные 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 выдается 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 неправильно, 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.

12. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Б1.В.ДВ.03.01.03 «Волоконные лазеры и усилители».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме отчетов по лабораторным работам и **промежуточной аттестации** в форме вопросов к 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	ИПК-3.1. Способен строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков	Знает все необходимые требования для построения физических и математических моделей, узлов и блоков.	Отчет по лабораторным работам №1-6 по разделам 2-3, 5-9	Вопрос на экзамене 1-3
2		Умеет правильно выстроить концепцию и логику представления результатов по моделированию узлов, блоков устройств	Отчет по лабораторным работам №1-6 по разделам 2-3, 5-9	Вопрос на экзамене 4-7
3		Владеет необходимыми навыками верификации физических и математических моделей узлов и блоков.	Отчет по лабораторным работам №1-6 по разделам 2-3, 5-9	Вопрос на экзамене 5-8
4	ИПК-3.2. Владеет навыками компьютерного моделирования	Знает требования к ПО для осуществления компьютерного моделирования	Отчет по лабораторным работам №1-6 по разделам 2-3, 5-9	Вопрос на экзамене 8-11
5		Умеет составлять основу для физического и математического моделирования в части математического инструментария.	Отчет по лабораторным работам №1-6 по разделам 2-3, 5-9	Вопрос на экзамене 10-12
6		Владеет навыками представления и верификации модели узлов и блоков.	Отчет по лабораторным работам №1-6 по разделам 2-3, 5-9	Вопрос на экзамене 14-17
7	ИПК-4.1. Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков	Знает основные методы экспериментальных исследований параметров и характеристик отдельных элементов и узлов сложных квантовых (лазерных) систем и параметры их стандартных режимов работы.	Отчет по лабораторным работам №1-6 по разделам 2-3, 5-9	Вопрос на экзамене 12-18
8		Умеет на практике применять методики по экспериментальным исследованиям узлов и блоков квантовых приборов.	Отчет по лабораторным работам №1-6 по разделам 2-3, 5-9	Вопрос на экзамене 13-15
9		Способен на практике использовать свои навыки в запуске и тестировании	Отчет по лабораторным работам №1-6 по разделам 2-3, 5-9	Вопрос на экзамене 15-19

		работы квантовых устройств.		
10	ИПК-4.2. Способен проводить исследования характеристик электронных приборов	Знает устройство всех узлов и элементов квантовых приборов и параметры рабочих состояний.	РГЗ, Р, Отчеты по выполнению лабораторных работ	Вопрос на экзамене 19-22
11		Умелет осуществлять диагностику технического состояния узлов и отдельных элементов квантовых устройств и систем	РГЗ, Р, Отчеты по выполнению лабораторных работ	Вопрос на экзамене 23-24
12		Владеет навыками оценки эффективности работоспособности оборудования, основанного на квантовых эффектах.	РГЗ, Р, Отчеты по выполнению лабораторных работ	Вопрос на экзамене 5-19

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

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 $T = 300$ 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 ($\lambda = 10,6$ 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 $T = 300$ 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.

№3.

Найдите относительные населенности энергетических состояний, соответствующих длине волны генерационного перехода для аргонового лазера ($\lambda = 0,488$ мкм) при температуре 77 К.

Контрольная работа № 2

Вариант № 1

№ 1.

Естественная ширина линии генерационного перехода CO_2 – лазера ($\lambda = 10,6$ мкм) между колебательными уровнями основного электронного состояния составляет 50 мГц. Чему равно спонтанное время жизни верхнего лазерного уровня?

№ 2.

Неоднородность внутренних электростатических полей обуславливает сильное неоднородное уширение. Линия люминесценции иона неодима в стекле, соответствует переходу ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$ ($\lambda = 1,06$ мкм), имеет полуширину $\Delta \lambda = 30$ 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 $1/\tau = 10^8 \text{ с}^{-1}$. Считать, линия люминесценции иона неодима в стекле, соответствует переходу ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$ ($\lambda = 1,06$ мкм), имеет полуширину $\Delta \lambda = 30$ нм. □ □

Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (зачет)

Перечислите основные материалы, применяющиеся в качестве оптических усилителей.

Объясните физические процессы, протекающие в оптическом материале под воздействием 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 активных и пассивных оптических элементов лазерной системы. Как осуществляется режим работы фемтосекундных лазеров.

Что такое брэгговская решетка. Перечислите типы брэгговских решеток и их особенности и принципы использования.

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 и экзамен) выставляются исходя из результатов сдачи лабораторных работ, выполнения контрольных работ студентов, посещения и результатов участия в дискуссиях на занятиях, проводящихся в интерактивной форме.

2.1.1. Вопросы и примеры типовых практических заданий, выносимые на зачет в 7-м семестре по дисциплине «Волоконные лазеры и усилители» для направления подготовки: 11.03.02 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 под воздействием 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 активных и пассивных оптических элементов лазерной системы.
22. Как осуществляется режим работы фемтосекундных лазеров.
23. Что такое брэгговская решетка.
24. Перечислите типы брэгговских решеток и их особенности и принципы изготовления

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 $1/\tau_2 =$

□

10^8 с^{-1} . Считать, линия люминесценции иона неодима в стекле, соответствует переходу ${}^4\text{F}_{3/2}$ ${}^4\text{I}_{11/2}$

□

= 1,06 мкм), имеет полуширину $\Delta \lambda = 30 \text{ нм}$.

Критерии оценивания результатов обучения

Критерии оценивания по зачету:

«зачтено»: студент владеет теоретическими знаниями по данному разделу, знает временные и пространственные свойства взаимной когерентности в процессе распространения сигнала, феноменологическая модель лазера, практическое использование и теоретическое описание спектроскопия когерентного рассеяния света, операторные уравнения электромагнитного поля, допускает незначительные ошибки; студент умеет правильно объяснять конструкционные параметры и физические принципы работы устройств, учитывающих временные и пространственные свойства когерентности в процессе распространения сигнала, иллюстрируя его примерами.

«не зачтено»: материал не усвоен или усвоен частично, студент затрудняется привести примеры по временным и пространственным свойствам когерентности в процессе распространения сигнала, 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. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике / Н.В., Карлов. – Москва : Наука, 1988. – 322с.
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.
4. Вейко, В.П. Опорный конспект лекций по курсу «Физико-технические основы лазерных технологий». Раздел: Технологические лазеры и лазерное излучение [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — СанктПетербург : НИУ ИТМО, 2005. — 50 с.
— Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/59505/#1> — Загл. с экрана.
1. Кульчин, Ю. Н. Современная оптика и фотоника нано- и микросистем / Кульчин Ю. Н. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2016. - 440 с. - https://e.lanbook.com/book/91158#book_name.
2. Борисёнок, С. В. Квантовая статистическая механика : учебное пособие / С. В. Борисёнок, А. С. Кондратьев. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. — 136 с. — ISBN 978-5-9221-1277-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2672> (дата обращения: 26.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Белинский, А. В. Квантовые измерения : учебное пособие / А. В. Белинский. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 185 с. — ISBN 978-5-00101-691-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/135495> (дата обращения: 26.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Клаудер Дж., Основы квантовой оптики, Клаудер Дж., Сударшан Э., М.: издательство Мир, 1970
5. Колобов, М. И. Квантовое изображение : монография / М. И. Колобов ; под редакцией М. И. Колобова ; перевод с английского Т. Ю. Голубевой, А. С. Чиркина. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 524 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/48273> (дата обращения: 26.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Салех, Бахаа Е. А. Оптика и фотоника. Принципы и применения : [учебное пособие : в 2 т.]. Т. 1,2 / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный : Интеллект, 2012.
7. Белоконь, Александр Владимирович. Математическое моделирование необратимых процессов поляризации / А. В. Белоконь, А. С. Скалиух. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010.
8. Дмитриев, В. Г. Прикладная нелинейная оптика / В. Г. Дмитриев, Л. В. Тарасов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2004. — 512 с. — ISBN 5-9221-0453-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2728> (дата обращения: 26.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
9. Оптоэлектронные и квантовые приборы в телекоммуникационных системах : практикум / В. В. Галуцкий, Е. В. Строганова, Н. А. Яковенко ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - Краснодар : [Кубанский государственный университет], 2013.

5.2. Периодическая литература

Указываются печатные периодические издания из «Перечня печатных периодических изданий, хранящихся в фонде Научной библиотеки КубГУ» <https://www.kubsu.ru/ru/node/15554>, и/или электронные периодические издания, с указанием

адреса сайта электронной версии журнала, из баз данных, доступ к которым имеет КубГУ:

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>
2. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU <https://grebennikon.ru/>
3. ScienceDirect – ведущая информационная платформа Elsevier <https://www.elsevier.com/>
4. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.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
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» 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
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.ucheba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/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. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

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.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины используются аудитории, кабинеты и лаборатории, оснащенные необходимым специализированным и лабораторным оборудованием.

При заполнении таблицы учитывать все виды занятий, предусмотренные учебным планом по данной дисциплине: лекции, занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), а также курсовое проектирование, консультации, текущий контроль и промежуточную аттестацию.

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа 209С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for

		Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 209С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование:	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатория №119 С Лаборатория фотонных и оптоэлектронных устройств, №122С Материалов и компонентов фотоники	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование: установка для выращивания кристаллов, лазеры, спектрографы, приемники излучения, 3D принтер, паяльная станция, осциллографы и генераторы сигналов	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.

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)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы 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)	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд.207С)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита

	электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.
--	--	---