

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

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

Хагуров Т.А.

подпись

« 29 » _____ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.05 ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ И КВАНТОВЫЕ ПРИБОРЫ

(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки / специальность

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль) / специализация

Оптические системы и сети связи

(наименование направленности (профиля) специализации)

Форма обучения

заочная

(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация

бакалавр

(бакалавр, магистр, специалист)

Краснодар 2020

Рабочая программа дисциплины Б1.В.05 «Оптоэлектронные и квантовые приборы» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

Программу составил:

Н.А. Яковенко, д-р техн. наук,
декан физико-технического факультета,
зав. кафедрой оптоэлектроники



подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.В.05 «Оптоэлектронные и квантовые приборы» утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники ФТФ, протокол № 10 от 17 апреля 2020 г.

Заведующий кафедрой оптоэлектроники
д-р техн. наук, профессор Яковенко Н.А.



подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета, протокол № 9 от 20 апреля 2020 г.

Председатель УМК ФТФ
д-р физ.-мат. наук, профессор Богатов Н.М.



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 (модуля).

1.1 Цель освоения дисциплины: формирование компетенций, связанных со знанием принципов работы, технологией изготовления и методами эксплуатации современной радиоэлектронной и оптоэлектронной аппаратуры в инфокоммуникационных технологиях и системах связи, формирование компетенций, связанных подготовкой студентов в области элементной базы систем оптической связи.

1.2 Задачи дисциплины: научить студентов принципам работы, методам проектирования, изготовления и эксплуатации оптоэлектронных элементов, сетей и средств связи; заключаются в изучение физических основ, устройства, принципов действия, характеристик и параметров важнейших приборов и устройств, используемых в оптических системах связи. К их числу относятся квантовые генераторы и усилители, оптические модуляторы и дефлекторы, фотодиоды и фотоприёмные устройства, устройства, основанные на использовании нелинейной оптики, голографии, а также интегральной оптики.

В результате изучения настоящей дисциплины студенты получают знания, имеющие не только самостоятельное значение, но и являющиеся фундаментом для изучения ряда последующих специальных дисциплин и практической работы.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Оптоэлектронные и квантовые приборы» относится к **вариативной** части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных в процессе изучения дисциплин: «Оптические направляющие среды», «Оптика», «Электромагнитные поля и волны».

Дисциплина базируется на знаниях, полученных по дисциплинам электричество и магнетизм, оптика, электроника, химия. Знания, приобретенные при изучении дисциплины «Оптоэлектронные и квантовые приборы», необходимы для обоснованного применения оптоэлектронных и квантовых приборов в оптических системах передачи и обработки информации, создания и эксплуатации современных оптоэлектронных устройств и систем связи.

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 профессиональных компетенций (ПК-1, ПК-32)

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ПК-1	готовностью содействовать внедрению перспективных технологий и стандартов	принципы оптоэлектронного преобразования и физические основы работы оптоэлектронных и квантовых приборов для	применять полученные теоретические знания к практическому взаимодействию с объектами оптоэлектронной техники для обработки и передачи	навыками практической работы с макетами различных лазеров и фотоприёмников. навыками эксплуатации современных оптоэлектронных

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
			оптических сетей и систем связи. принципы оптоэлектронного преобразования и физические основы работы оптоэлектронных и квантовых приборов для оптических сетей и систем связи.	информации в оптических системах связи. применять полученные теоретические знания к практическому взаимодействию с объектами оптоэлектронной техники для обработки и передачи информации в оптических и волоконнооптических системах связи.	ых и квантовых приборов и оборудования, используемого в оптических и волоконнооптических системах связи.
2	ПК-32	способностью готовить техническую документацию на ремонт и восстановление работоспособности инфокоммуникационного оборудования	физические основы оптоэлектронных и квантовых приборов; - устройство, особенности, основные характеристики и параметры изучаемых приборов; - основы нелинейной оптики; - параметры основных излучателей и фотоприёмников в телекоммуникациях принципы работы, основные свойства и	критически и обоснованно подходить к выбору различных оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств для конкретных схем оптической связи, сопоставляя особенности используемых материалов и параметры приборов и собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для	навыками эксплуатации современной физической, технологической и оптоэлектронной аппаратуры оптических систем и сетей связи. навыками эксплуатации современной физической, технологической и оптоэлектронной аппаратуры оптических и волоконнооптических систем и сетей связи.

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
			технологии изготовления элементной базы средств и сетей оптической и волоконнооптической связи.	проектирование средств и сетей оптической связи и их элементов. собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей оптической связи и их элементов.	

2. Структура и содержание дисциплины.

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зач.ед. (252 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ЗФО).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)			
		7	8		
Контактная работа, в том числе:					
Аудиторные занятия (всего):	28	16	12		
Занятия лекционного типа	10	4	6	-	-
Лабораторные занятия	12	12	-	-	-
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	6		6	-	-
	-	-	-	-	-
Иная контактная работа:					
Контроль самостоятельной работы (КСР)	-	-			
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,5	0,2	0,3		
Самостоятельная работа, в том числе:					
Курсовая работа	-	-	-	-	-
Проработка учебного (теоретического) материала	195	154	41	-	-
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)	-	-	-	-	-
Реферат	-	-	-	-	-
Подготовка к текущему контролю	16	6	10	-	-
Контроль:					
Подготовка к зачету	3,8	3,8			

Подготовка к экзамену		8,7		8,7		
Общая трудоемкость	час.	252	180	72	-	-
	в том числе контактная работа	28,5	16,2	12,3		
	зач. ед	7	5	2		

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре (заочная форма)

№	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Физические основы и особенности квантовых приборов	26	2			24
2.	Оптические резонаторы и селекция мод	26	2			24
3.	Типы и режимы работы лазеров	26	2			24
4.	Оптоэлектроника, предметы изучения оптоэлектроники, Основы оптоэлектроники.	26		2		24
5.	Физические основы и принцип действия полупроводниковых светоизлучающих диодов (СИД).	26	2			24
6.	Физические основы работы полупроводниковых лазерных диодов (ЛД). Области применения полупроводниковых лазеров.	30	2		4	24
7.	Фотоприемники, принцип работы фотоприемников. Классификация фотоприемников, используемых в оптоэлектронике. ФЭП.	29		2	4	23
8.	Оптические среды. Элементы волоконной и интегральной оптики. Типы волоконных световодов и методы их изготовления	26			4	22
9.	Физические основы модуляции света, способы осуществления модуляции оптического излучения в оптоэлектронике.	24		2		22
10.	Подготовка к зачету	4				
11.	Подготовка к экзамену	9				
	<i>Итого по дисциплине:</i>	252	10	6	12	211

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

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа.

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Физические основы и особенности квантовых приборов	Виды квантовых переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Инверсная населённость. Ширина спектральной линии. Взаимодействие бегущих волн с активной средой. Закон Бутера. Условия усиления и генерации колебаний в квантовых системах. Излучательная рекомбинация пар электрон-дырка в светодиодах. Затухание люминесценции. Безызлучательная рекомбинация в объёме материала. Конкуренция между излучательной и безызлучательной рекомбинацией.	Анкетирование, опрос, практические задания
2.	Оптические резонаторы и селекция мод	Оптические резонаторы (ОР). Структуры электрических полей. Схемы ОР. Резонаторы типа Фабри-Перо. Плотность оптических мод в одномерном резонаторе. Гауссовы пучки. Геометро-оптическое рассмотрение устойчивых резонаторов и неустойчивых резонаторов. Интегральное уравнение открытого резонатора. Селекция продольных и поперечных мод.	Анкетирование, опрос, практические задания
3.	Типы и режимы работы лазеров	Теоретические основы. Трёх- и четырёхуровневые лазеры. Нелинейность лазеров. Оптимальная обратная связь. Характеристики и параметры. Когерентные и некогерентные излучатели. Импульсные режимы. Синхронизация мод. Модуляция добротности.	Анкетирование, опрос, практические задания
4.	Физические основы и принцип действия полупроводниковых светоизлучающих диодов (СИД).	Физические основы и принцип действия инжекционных источников света. Спектральные характеристики СИД. Вольтамперные характеристики СИД. Конструкции СИД и их диаграммы направленности. Применение СИД в	Ответы на контрольные вопросы и задания.

		устройствах отображения знако-буквенной информации. Светодиодные модули для работы с волоконно-оптическими линиями связи.	
5.	Физические основы работы полупроводниковых лазерных диодов (ЛД). Области применения полупроводниковых лазеров.	Условия генерации лазерным диодом (ЛД) когерентного излучения, условие инверсионной населенности. Коэффициент усиления и его связь с параметрами ЛД. Квантовая эффективность и к.п.д. лазера. Ватт-амперная характеристика и ее описание. Применение лазеров в принтерах и CD-ROM. Лазеры в медицинской диагностической аппаратуре.	Ответы на контрольные вопросы и задания.

2.3.2 Занятия семинарского типа.

№	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Оптоэлектроника, предметы изучения оптоэлектроники, Основы оптоэлектроники.	Шкала электромагнитных колебаний и область в ней, которую использует оптоэлектроника. Электроны и фотоны как носители информации. Принципы оптоэлектронного преобразования. Классификация источников света и требования к ним в оптоэлектронике.	Анкетирование, опрос, практические задания
2.	Фотоприемники, принцип работы фотоприемников. Классификация фотоприемников, используемых в оптоэлектронике.	Физические основы работы ФП. Классификация фотонных детекторов. Фоторезисторы. Фотодиоды. Вольтамперные характеристики ФП. Спектральные характеристики фотоприёмников. Фотовольтаические приёмники и преобразователи солнечной энергии. Pin-фотодиоды. Лавинные фотодиоды. Принцип действия и устройство фото-ПЗС.	Анкетирование, опрос, практические задания
3.	Физические основы модуляции света, способы осуществления модуляции оптического излучения в оптоэлектронике.	Основы модуляции оптических сигналов, физические основы электрооптического эффекта. Электрооптические модуляторы и переключатели сигналов. Физические основы построения и конструкции акустооптических модуляторов. Физические основы построения акустооптических переключателей оптических сигналов. Магнитооптические эффекты и принципы построения модуляторов и переключателей света.	Анкетирование, опрос, практические задания

2.3.3 Лабораторные занятия.

№	Наименование лабораторных работ	Форма текущего
---	---------------------------------	----------------

		контроля
1	3	4
1.	Исследование характеристик полупроводниковых излучателей.	Отчет по лабораторной работе
2.	Фотоэлектрические преобразователи.	Отчет по лабораторной работе
3.	Электрооптические модуляторы.	Отчет по лабораторной работе

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.

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не запланированы.

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	2	3
1	Проработка учебного (теоретического) материала	Игнатов А.Н. Оптоэлектронные приборы и устройства: Учеб. пособие. – М.: Эко-Трендз, 2006. – 272 с. Киселев, Г.Л. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 316 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/91904 Галуцкий В.В. Оптоэлектронные и квантовые приборы в телекоммуникационных системах : практикум / Галуцкий, Валерий Викторович, Строганова, Елена Валерьевна, Яковенко, Николай Андреевич ; 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. - 135 с. : ил. - Библиогр.: с. 134. - ISBN 9785820909948. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника. - СПб.: Лань, 2011. - e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=684
2	Подготовка к практическим занятиям	Игнатов А.Н. Оптоэлектронные приборы и устройства: Учеб. пособие. – М.: Эко-Трендз, 2006. – 272 с. Киселев, Г.Л. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 316 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/91904 Галуцкий В.В. Оптоэлектронные и квантовые приборы в телекоммуникационных системах : практикум / Галуцкий,

		<p>Валерий Викторович, Строганова, Елена Валерьевна, Яковенко, Николай Андреевич ; 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. - 135 с. : ил. - Библиогр.: с. 134. - ISBN 9785820909948.</p> <p>Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника. - СПб.: Лань, 2011. - e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=684</p>
3	Подготовка к выполнению лабораторных работ	<p>Игнатов А.Н. Оптоэлектронные приборы и устройства: Учеб. пособие. – М.: Эко-Трендз, 2006. – 272 с.</p> <p>Киселев, Г.Л. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 316 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/91904</p> <p>Галуцкий В.В. Оптоэлектронные и квантовые приборы в телекоммуникационных системах : практикум / Галуцкий, Валерий Викторович, Строганова, Елена Валерьевна, Яковенко, Николай Андреевич ; 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. - 135 с. : ил. - Библиогр.: с. 134. - ISBN 9785820909948.</p> <p>Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника. - СПб.: Лань, 2011. - e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=684</p>

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,

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.

3. Образовательные технологии.

Для проведения лекционных и практических занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержимого (компьютеры, проекторы, интерактивные презентации, тренировочные тесты, моделирование работы оптоэлектронных устройств), позволяющие воспринимать особенности изучаемой профессии.

Семестр	Вид занятия	Образовательные технологии	Количество часов
7,8	Лекции	Интерактивная лекция с мультимедийной системой.	10
	Практические	Индивидуальное выполнение	6

	работы	практических заданий.	
	Лабораторные занятия	Индивидуальное выполнение лабораторных заданий.	12
<i>Итого:</i>			28

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

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

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.

Оперативный контроль осуществляется путем проведения компьютерных опросов студентов по окончании изучения тем учебной дисциплины. При проведении оперативного контроля могут использоваться контрольные вопросы к разделам:

Раздел 1.

Приведите примеры и обоснуйте требования к основным приборам и системам оптической связи.

Выведите соотношения для коэффициентов Эйнштейна спонтанных и вынужденных переходов.

Выведите соотношение для форм-фактора линии: для Гауссовой и для Лоренцевой. Укажите примеры, когда линия излучения описывается ими.

Рассчитайте равновесную населённость для двухуровневой системы при комнатной температуре, в случае одинаковой и различной кратности вырождения уровней, разделённых энергетическими зазорами 10, 1 эВ.

Выведите усиления и генерации колебаний в квантовых системах.

Можно ли создать квантовый усилитель в двухуровневой системе?

Выведите формулу для сечения поглощения.

Раздел 2.

Разъясните, чем вызван переход к резонаторам открытого типа в случае колебаний оптических частот.

Выведите условие для устойчивого резонатора и неустойчивого.

Разъясните преимущества их использования. Выражение для ёмкостного сопротивления.

Проанализируйте распределение энергии электромагнитного поля в резонаторе в случае продольной и поперечной моды.

Разъясните, чем определяется расходимость лазерного пучка в резонаторе.

Раздел 3.

Расскажите что такое положительная и отрицательная обратная связь. Их преимущества и случаи, когда они применяются.

Выведите условия для баланса амплитуд излучения в оптическом генераторе. Как оно зависит от типа резонатора: проходного и отражательного?

Выведите условие резонанса для фаз. Что происходит, если инвертируемая резонансная линия шире расстояния между соседними резонансами?

Во сколько раз квантовая мощность входных шумов квантового усилителя на основе трёхуровневой схемы превышает эту величину в случае четырёхуровневой схемы при всех прочих равных условиях?

Выведите выражение для огибающей интенсивности излучения в случае синхронизации нескольких мод одинаковой интенсивности.

Раздел 4.

Разъясните, чем будет определяться выбор лазерного усилителя для задачи значительного сокращения длительности импульса излучения.

Выведите выражение для квази- синхронизма на регулярных доменных структурах.

Перечислите требования, предъявляемые к полупроводниковым источникам излучения в телекоммуникациях.

Разъясните, чем объясняется необходимость применения полупроводниково-вых структур с квантовыми ямами.

Перечислите основные характеристики светоизлучающих диодов

Каким образом изменение рабочей температуры будет влиять на характеристики СИД?

Разъясните термин «эквивалентная мощность темновых шумов» и «обнаружительная способность» фотоприёмника.

Как они взаимосвязаны?

1. Шкала электромагнитных колебаний и область в ней, которую использует оптоэлектроника.

2. Электроны и фотоны как носители информации.

5. Принципы оптоэлектронного преобразования.

6. Классификация источников света и требования к ним в оптоэлектронике.

7. Физические основы и принцип действия инжекционных источников света..

8. Конструкции типовых светоизлучающих диодов (СИД).

9. Коэффициент инжекции и его связь с характеристиками материалов, входящих в структуру p-n-перехода СИД.

10. Спектральные характеристики СИД.

11. Вольтамперные характеристики СИД. Температурные зависимости излучения СИД.

12. Конструкции СИД и их диаграммы направленности.

13. Применение СИД в устройствах отображения знако-буквенной информации.

14. Светодиодные модули для работы с волоконно-оптическими линиями связи.

15. Условия генерации лазерным диодом (ЛД) когерентного излучения, условие инверсионной населенности.

16. Коэффициент усиления и его связь с параметрами ЛД.

17. Квантовая эффективность и к.п.д. лазера.

18. Ватт-амперная характеристика и ее описание.

19. Характеристики резонатора Фабри-Перо.

20. Применение лазеров в принтерах и оптических дисках. Лазеры в медицинской

диагностической аппаратуре.

21. Физические основы работы фотоприемников (ФП).

22. Классификация фотонных детекторов.

23. Фоторезисторы (ФР).

24. Фотодиоды (ФД).

25. Вольтамперные характеристики ФР.

26. Фотовольтаические приемники и преобразователи солнечной энергии.

27. Типовые структуры быстродействующих pin фотодиодов.

28. Спектральные характеристики фотоприемников.

29. Принцип действия и устройство ФОТО-ПЗС. Оптические среды. Элементы волоконной и интегральной оптики.

30. Основы модуляции оптических сигналов, физические основы электрооптического эффекта.

31. Электрооптические модуляторы и переключатели сигналов.

32. Выполнение математических операций с помощью модуляторов оптических сигналов.
33. Физические основы построения и конструкции акустооптических модуляторов.
34. Физические основы построения акустооптических переключателей оптических сигналов.
35. Магнитооптические эффекты и принципы построения модуляторов и переключателей света.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Итоговый контроль осуществляется в виде зачета в конце 7 семестра. На зачете студентам предлагается ответить на 4 вопроса по материалам учебной дисциплины. По итогам ответа на зачёте преподаватель оценивает знания студента.

Вопросы к зачёту по дисциплине «Оптоэлектронные и квантовые приборы»
Физико-технический факультет, 4 курс.

1. Основные приборы и устройства систем оптической связи.
2. Виды квантовых переходов.
3. Инверсная населённость.
4. Ширина спектральной линии.
5. Взаимодействие бегущих электромагнитных волн с активной средой.
6. Условия усиления и генерации колебаний в квантовых системах.
7. Структура электромагнитных полей оптических резонаторов.
8. Эффект насыщения.
9. Спектральные характеристики оптических резонаторов.
10. Многослойные и диэлектрические покрытия и интерференционные фильтры.
11. Перестраиваемые резонаторы.
12. Селекция продольных и поперечных мод оптических резонаторов.
13. Резонаторы типа Фабри-Перо.
14. Гауссовы пучки.
15. Устойчивые резонаторы.
16. Неустойчивые резонаторы.
17. Плотность оптических мод в одномерном резонаторе.
18. Теоретические основы трёхуровневых лазеров.
19. Теоретические основы четырёхуровневых лазеров.
20. Оптимальная обратная связь.
21. Импульсные режимы работы лазеров.
22. Характеристики и параметры режимов работы лазеров.
23. Активная и пассивная синхронизация мод при излучении лазеров.
24. Модуляция добротности резонаторов лазеров.
25. Перестраиваемы по длинам волн лазеры. Методы их накачки.
26. Твердотельные лазеры. Методы их накачки.

Итоговый контроль осуществляется в виде экзамена в конце 8 семестра. На экзамене студентам предлагается ответить на 2 вопроса в билете по материалам учебной дисциплины. По итогам ответа на экзамене преподаватель оценивает знания студента. Экзамен является итогом дисциплины.

Вопросы к экзамену по дисциплине «Оптоэлектронные и квантовые приборы»
Физико-технический факультет, 4 курс.

1. Современная оптоэлектроника.
2. Электроны и фотоны как носители информации. Области применений, преимущества и особенности оптоэлектроники.
3. Принцип работы светоизлучающих диодов.
4. Прямозонные и непрямозонные материалы для оптоэлектроники.
5. Полупроводниковые лазеры. Принцип работы.
6. Продольные и поперечные моды.
7. Условие образования инверсии населенности.
8. Основные характеристики п/п лазеров.
9. Зонная диаграмма гетеропереходов. Подбор полупроводниковых материалов для гетероструктур.
10. Особенности работы лазеров на двойной гетероструктуре.
11. Классификация фотоприемников.
12. Действие излучения на p/n переход.
13. Вольтамперная характеристика полупроводниковых фотодиодов.
14. Гальванический и диодный режимы работы фотодиода.
15. Лавинные и pin-фотодиоды.
16. Принцип работы фотоэлектрических преобразователей.
17. Основные характеристики кремниевых солнечных преобразователей.
18. Акустооптический эффект.
19. Акустооптические модуляторы, дефлекторы и их применение.
20. Электрооптический эффект.
21. Электрооптические модуляторы и их применение.

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

5.1 Основная литература:

1. Игнатов А.Н. Оптоэлектронные приборы и устройства: Учеб. пособие. - М.: Эко-Трендз, 2006. - 272 с.
2. Дудкин В.И. Квантовая электроника. Приборы и их применение: Учебное пособие для студентов вузов/ / Л. Н. Пахомов; В. И. Дудкин, Л. Н. Пахомов. - М.: Техносфера, 2006. - 432 с.
3. Галуцкий В.В. Оптоэлектронные и квантовые приборы в телекоммуникационных системах : практикум / Галуцкий, Валерий Викторович, Строганова, Елена Валерьевна, Яковенко, Николай Андреевич ; 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. - 135 с. : ил. - Библиогр.: с. 134. - ISBN 9785820909948.
4. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника. - СПб.: Лань, 2011. - e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=684

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. Киселев, Г.Л. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 316 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91904>
2. Звелто О. Принципы лазеров. - СПб-М.-Краснодар: Лань. 2008. - 720 с.
3. Крюков, Петр Георгиевич .Лазеры ультракоротких импульсов и их применения: [учебное пособие]/ Крюков, Петр Георгиевич; П. Г. Крюков . - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 247 с.
4. Мусаев, Эльдар Сейфатович Оптоэлектронные устройства на полупроводниковых излучателях/ / Э. С. Мусаев. - М. : Радио и связь: [Горячая линия-Телеком], 2004. - 205 с.
5. Розеншер Э. Оптоэлектроника/ / Э. Розеншер, Б. Винтер; пер. с фр. под ред. О. Н. Ермакова. - М. : Техносфера, 2006. - 588 с.
6. Оптоэлектроника. Ч. 1: Физические основы полупроводниковой оптоэлектроники. Когерентная оптоэлектроника / О. Н. Ермаков, А. Н. Пихтин, Ю. Ю. Протасов, С. А. Тарасов ; под общ. ред. И. Б. Федорова. - М. : Янус-К, 2010. - 699 с.
7. Оптоэлектроника. Ч. 2: Оптроника / О. Н. Ермаков ; А. Н. Пихтин, Ю. Ю. Протасов, С. А. Тарасов ; под общ. ред. И. Б. Федорова. - М. : Янус-К, 2011. - 611 с.
8. Твёрдотельная фотоэлектроника. Физические основы / А. М. Филачёв, И. И. Таубкин, М. А. Трищенко - М.: Физматкнига, 2007.
9. Розеншер Э., Винтер Б. Оптоэлектроника. Перевод с французского. - М.: Техносфера, 2006.
10. Портнов Э. Л. Оптические кабели связи и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи / Э. Л. Портнов. - М.: Горячая линия - Телеком, 2007.
11. Коледов Л. А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. - СПб.: Лань, 2008.
12. Оптоэлектроника. Ч. 1: Физические основы полупроводниковой оптоэлектроники. Когерентная оптоэлектроника / О.Н. Ермаков, А.Н. Пихтин, Ю.Ю. Протасов, С.А. Тарасов; под общ. ред. И.Б. Федорова. - М.: Янус-К, 2010.

5.3. Периодические издания:

1. Журнал «Фотон-экспресс» /www.fotonexpress.ru /.
2. Журнал «Lightwave Russian Edition» / www.lightwave-russia.com/ .
3. Журнал «Вестник связи» /www.vestnik-sviazy.ru /.

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

1. <http://www.kubsu.ru/University/library/resources/>
2. <http://www.rubricon.com/>.
3. <http://window.edu.ru/window>.

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

№ темы	Тема или задание текущей работы	Кол-во часов	Форма представления результатов	Сроки выполнения (недели)
1.	Безызлучательная рекомбинация в объеме материала. Конкуренция между излучательной и безызлучательной рекомбинацией.	24	Устный ответ, текстовый документ.	3
2.	Многослойные и диэлектрические покрытия и интерференционные фильтры. Перестраиваемые резонаторы. Устройства для управления фазой излучения. Метод Фокса и Ли. Преобразование гауссовых пучков линзой.	24	Устный ответ, текстовый документ.	3
3.	Вспомогательное излучение накачки. Частотная селекция, селекция тонкими поглотителями продольных мод резонатора. СО ₂ лазеры, азотный лазер с продольной и поперечной накачкой, водородный лазер, эксимерные лазеры. Основные направления использования мощных газовых лазеров.	24	Устный ответ, текстовый документ.	3
5	Оптоэлектроника, предметы изучения оптоэлектроники, Основы оптоэлектроники.	24	Устный ответ, текстовый документ.	3
6	Физические основы и принцип действия полупроводниковых светоизлучающих диодов (СИД).	24	Устный ответ, текстовый документ.	4
7	Физические основы работы полупроводниковых лазерных диодов (ЛД). Области применения полупроводниковых лазеров.	24	Устный ответ, текстовый документ.	4
	Фотоприемники, принцип работы фотоприемников. Классификация фотоприемников, используемых в оптоэлектронике. ФЭП.	23	Устный ответ, текстовый документ.	4

№ темы	Тема или задание текущей работы	Кол-во часов	Форма представления результатов	Сроки выполнения (недели)
	Оптические среды. Элементы волоконной и интегральной оптики. Конструкции и типы волоконных световодов.	22	Устный ответ, текстовый документ.	4
	Физические основы модуляции света, способы осуществления модуляции оптического излучения в оптоэлектронике.	22	Устный ответ, текстовый документ.	4
	Итого	211		32

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.

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

8.1 Перечень информационных технологий.

Лекции: интерактивная лекция с мультимедийной системой с активным вовлечением вовлечение студентов в учебный процесс и обратной связью.

Практические работы: компьютерные занятия в режимах взаимодействия «преподаватель - студент» и «студент - преподаватель», «студент - студент».

Самостоятельная работа: дистанционные задания и упражнения, глоссарии терминов и определений.

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.

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.

8.3 Перечень информационных справочных систем:

1. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru>)
2. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru/>)

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

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО).
2.	Семинарские занятия	Специальное помещение, оснащенное презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО).
3.	Лабораторные	Лаборатории №119С, №325С укомплектованные

	занятия	специализированной мебелью и техническими средствами обучения источниками и приемниками лазерного излучения, приборами для анализа свойств лазерного излучения, компьютерами для обработки экспериментальных данных
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория, (кабинет) укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения
5.	Самостоятельная работа	Кабинет №207С для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.