

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
оптики и спектроскопии



(Овчинников О.В.)

14.06.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.02 Волоконно-оптические системы связи

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности: 12.04.03 – Фотоника и оптоинформатика
2. Профиль подготовки: Материалы и устройства фотоники и оптоинформатики
3. Квалификация (степень) выпускника: высшее образование (магистр)
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра оптики и спектроскопии
6. Составители программы: Королев Никита Викторович, кандидат физико-математических наук, доцент; Чевычелова Тамара Андреевна
7. Рекомендована: Научно-методическим советом физического факультета (протокол № 6 от 13.06.2024)

8. Учебный год: 2024/2025

Семестр: 2

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью освоения учебной дисциплины является формирования знаний, умений и навыков в области интегрально-оптических устройств фотоники и волоконно-оптических линий связи.

Задачи учебной дисциплины:

- приобретение знаний о принципах и методах управления излучением в интегрально-оптических устройствах фотоники,
- сформировать способность использовать современные фундаментальные знания по волноводной фотонике, основные законы волноводной фотоники в профессиональной деятельности;
- научиться проводить теоретический анализ и расчет основных характеристик волноводных пассивных и активных элементов и устройств;
- изучить принципы конструирования основных волноводных элементов и устройств (канальных волноводов, брэгговских решеток, систем ввода-вывода, селекторов, мультиплексоров, усилителей, лазеров, модуляторов);
- овладеть навыками измерения и тестирования основных характеристик волоконных и планарных волноводных структур, элементов и устройств.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: часть, формируемая участниками образовательных отношений, дисциплины по выбору (Б1.В.02), блок Б1.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-3	Способен выбирать научно-исследовательское и технологическое оборудование с учетом особенностей нанотехнологических процессов создания материалов и устройств фотоники и оптоинформатики	ПК-3.1	Проводит научные исследования в области фотоники, используя специализированное исследовательское оборудование, приборы и установки	Знать: методики проведения исследований в области фотоники; принципы работы приборов квантовой электроники и фотоники Уметь: применять знания физических принципов работы в подборе технологического оборудования; использовать специализированное исследовательское оборудование, применяемое в области фотоники Владеть: представлениями о базовых технологических процессах создания материалов и устройств фотоники и оптоинформатики; навыками исследования материалов и устройств фотоники
ПК-5	Способен к разработке функциональных и структурных схем фотоники и оптоинформатики на уровне узлов, элементов, систем и технологий	ПК-5.1	Определяет перечень проблем в области получения, хранения и обработки информации с использованием систем оптоинформатики	Знать: принципы получения, хранения и обработки информации в системах оптоинформатики методики экспериментального исследования перспективных материалов и моделирования процессов в устройствах фотоники
		ПК-5.2	Осуществляет поиск имеющихся технологий получения, хранения и обработки информации с	Уметь: адаптировать элементы оптических и оптико-электронных приборов и систем к решению инженерных задач получения, хранения и обработки информации

			использованием оптических и оптико-электронных приборов и систем	
		ПК-5.3	Разрабатывает и исследует новые способы и принципы функционирования оптических и оптико-электронных приборов и систем получения, хранения и обработки информации	Владеть: представлениями о базовых принципах функционирования оптических и оптико-электронных приборов и систем хранения/получения информации

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах – 4/144.

Форма промежуточной аттестации экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		2
Аудиторные занятия	64	64
в том числе:	лекции	32
	практические	32
	лабораторные	
Самостоятельная работа	44	44
в том числе: курсовая работа (проект)		
Форма промежуточной аттестации (экзамен – 36 час.)	36	36
Итого:	144	144

13.1 Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Введение в волноводную фотонику и элементы теории информации	Волноводная фотоника – определение, предмет, цели, задачи и области приложения. Основные элементы волноводной фотоники и систем связи. Определение информации, теорема отсчетов, спектр сигнала.
1.2	Физика распространения электромагнитных волн в оптическом волокне и планарных оптических волноводах	Распространение оптических волн в веществе. Особенности оптического диапазона передачи информации. Физика полного внутреннего отражения. Дисперсионные явления в оптических световодах. Многомодовость оптического волокна. Многослойные плоские волноводы и дисперсионные уравнения. Полосковые волноводы. Взаимодействие волноводных мод.
1.3	Брэгговский планарный волновод	Планарный волновод с многослойным брэгговским зеркалом. Условия возникновения и аналитическое описание волноводных мод. Поверхностные затухающие брэгговские волны в многослойных диэлектрических средах. Брэгговские зеркала. Нормировка и моделирование волноводных мод.
1.4	Механизмы потерь в оптических волноводах	Поглощение и рассеяние внутри волновода. Влияние конструктивных особенностей на модовый состав. Влияние изгиба и совмещения волокон в стык на удельные потери.
1.5	Измерение параметров элементов волноводной фотоники	Измерение параметров оптического волокна: числовая апертура; модовый состав оптического волокна, диаметр светового пятна.

1.6	Устройства согласования в волоконно-оптических системах связи	Оптическое согласование. Ввод и вывод излучения в тонкопленочный волновод. Устройства согласования интегрально-оптических волноводов и волоконных световодов. Геодезическая планарная линза. Связь между волноводами. Изучение условий ввода излучения в цилиндрический и планарный волноводы.
1.7	Управление излучением в оптических волноводах	Управление параметрами сред. Модуляция и переключение света. Объемные акустооптические и электрооптические модуляторы. Интегрально-оптические модуляторы. Ответвители, разветвители, переключатели каналов. Оптические вентили. Мультиплексоры и демультиплексоры.
1.8	Компоненты волоконно-оптических систем связи	Преобразователи мод. Источники и детекторы оптического излучения. Волоконно-оптические лазеры и датчики. Волоконно-оптические информационно-измерительные системы. Волоконные гироскопы. Интегрально-оптический фотодетектор.
2. Практические занятия		
2.1	Способы и устройства ввода излучения в оптический волновод	Способы и устройства ввода излучения в оптический волновод. Числовая апертура.
2.2.	Изучение оптических кабелей различного назначения для ВОЛС	Классификация волоконно-оптических кабелей. Структурные элементы волоконно-оптических кабелей.
2.3	Изучение энергетической характеристики лазерного диода. Определение чувствительности фотодиода	Фундаментальные понятия оптических измерений. Стандартные волоконно-оптические тесты. Измерители оптической мощности. Рефлектометры. Оптические тестеры. Источники света. Детекторы света.
2.4	Исследование постоянных и переменных аттенюаторов для ВОЛС	Аттенюаторы для оптических волноводов и волоконно-оптических линий связи. Типы и назначение.
2.5	Исследование оптических разветвителей с различными коэффициентами деления	Оптические разветвители, делители. Типы и назначение. Особенности устройства.
2.6	Изучение принципа работы WDM-сплиттеров	Изучение технологий спектрального уплотнения каналов (WDM-сплиттеры).
2.7	Исследование ВОЛС связи в «мертвой зоне» методом обратного рассеяния	Устройства для контроля качества сигнала в волоконно-оптических линиях связи. Оптические рефлектометры.
2.8	Исследование затухания в ВОЛС с разъемным соединением в середине	Механизмы потерь в оптических волноводах. Рассеяние света в вторичные моды волновода.
2.9	Исследование затухания в ВОЛС с обрывом/изгибом	Способы определения обрыва в волоконно-оптической линии. Влияние изгиба оптического волокна на распространение излучения. Потери на изгибе.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	
1.	Введение в волноводную фотонику и элементы теории информации	2			2	4	8

2.	Физика распространения электромагнитных волн в оптическом волокне и планарных оптических волноводах	6			6	4	16
3.	Брэгговский планарный волновод	4	2		6	4	18
4.	Механизмы потерь в оптических волноводах	2	6		6	4	16
5.	Измерение параметров элементов волноводной фотоники	4	6		6	4	20
6.	Устройства согласования в волоконно-оптических системах связи	4	6		6	6	22
7.	Управление излучением в оптических волноводах	6	6		6	4	22
8.	Компоненты волоконно-оптических систем связи	4	6		6	6	22
	Итого	32	32		44	36	144

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Основными этапами освоения дисциплины являются:

- 1) Лекции. В ходе лекционных занятий студенту необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций
- 2) Практические занятия. При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется: внимательно ознакомиться с тематикой практического занятия, прочесть конспект лекции по теме, изучить рекомендованную литературу; проверить свои знания, отвечая на вопросы для самопроверки; если встретятся незнакомые термины, обязательно обратиться к словарю и зафиксировать их в тетради; при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.
- 3) Самостоятельная работа студента. Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.
- 4) Подготовка к аттестации. В ходе подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации студенту рекомендуется активно использовать электронный образовательный портал Moodle – электронная среда дисциплины, с предоставлением презентаций лекций, заданий для выполнения практических работ, дополнительного теоретического материала и нормативно-правовых документов по темам и перечней вопросов для подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации. Также студенту рекомендуется использовать весь набор методов и средств современных информационных технологий для изучения отечественной и зарубежной литературы по дисциплине, оценки и анализа ее текущего состояния и перспектив развития. Ему предоставляется возможность работать в компьютерных классах факультета (313а аудитория), иметь доступ к Интернет-ресурсам и электронной почте, использовать имеющиеся на кафедре оптики и спектроскопии физического факультета информационные технологии, использовать ресурсы Зональной научной библиотеки ВГУ, в том числе электронно-библиотечные системы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Зеленовский, П. С. Основы интегральной и волоконной оптики: учебное пособие : [16+] / П. С. Зеленовский. – Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2019. – 132 с. – ISBN 978- 5- 7996-2529-0 ; То же [Электронный ресурс]. – URL: https://elar.ufu.ru/bitstream/10995/68355/1/978- 5- 7996-2529-0_2019.pdf
2	Гончаренко, А. М. Основы теории оптических волноводов / А. М. Гончаренко, В. А. Карпенко, И. А. Гончаренко. – Минск : Белорусская наука, 2009. – 296 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=89939
3	Соколов, С. А. Волоконно-оптические линии связи и их защита от внешних влияний : учебное пособие по курсу «ВОЛС и ПК» : [16+] / С. А. Соколов. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 173 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=564840
4	Скляр, О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи : учебное пособие : [16+] / О. К. Скляр. – Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2009. – 266 с. – (Библиотека инженера). – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=117684

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Цуканов, В. Н. Волоконно-оптическая техника. Практическое руководство / В. Н. Цуканов, М. Я. Яковлев. – М. : Инфра-Инженерия, 2014. – 304 с. – ISBN 978-5-9729-0078-7 ; То же [Электронный ресурс]. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=234772
2	Костылев, В. И. Волоконно-оптические системы передачи информации : учебное пособие для вузов по курсу "Электродинамика СВЧ" / В.И. Костылев ; Воронеж. гос. ун-т. — Воронеж : ЛОП ВГУ, 2006. — 41 с. : ил. — Библиогр.: с.40. — <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/may07100.pdf >.
3	Митрохин, В. Е. Измерения в волоконно-оптических системах передачи. [Электронный ресурс] — Электрон.дан. — М. : УМЦ ЖДТ, 2007. — 197 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/59902
4	Шангина, Л. И. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Л. И. Шангина. – Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 303 с. ; То же [Электронный ресурс]. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208584
5	Семенов, А.Б. Волоконно-оптические подсистемы современных СКС. [Электронный ресурс] — Электрон.дан. — М. : ДМК Пресс, 2009. — 632 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/1144

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
6.	Электронно-библиотечная система BOOK.ru https://www.book.ru/
7.	ЭБС «ПЛАТФОРМА ЮРАЙТ» – https://urait.ru/
8.	ЭБС Лань – https://e.lanbook.com/
9.	ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа» («ЭБС «Консультант студента») – http://www.studentlibrary.ru/
10.	ЭБС «Университетская библиотека Online» – https://biblioclub.ru/
11.	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" – http://rucont.ru

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Учебно-методические указания к лабораторным занятиям дисциплины «Волоконно-оптические линии связи»
2	Зеленовский, П. С. Основы интегральной и волоконной оптики: учебное пособие : [16+] / П. С. Зеленовский. – Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2019. – 132 с. – ISBN 978- 5- 7996-2529-0 ; То же [Электронный ресурс]. – URL: https://elar.ufu.ru/bitstream/10995/68355/1/978- 5- 7996-2529-0_2019.pdf
3	Скляр, О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи : учебное пособие : [16+] / О. К. Скляр. – Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2009. – 266 с. – (Библиотека инженера). – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=117684
4	Положение об организации самостоятельной работы обучающихся в Воронежском государственном университете

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «MOOC ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория (ауд. 133): специализированная мебель, проектор, ноутбук, экран. WinPro 8, OfficeStandard 2019, «Антиплагиат.ВУЗ», MathWorks TotalAcademicHeadcount 394018, г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, этаж – 1, пом. 136

Учебная аудитория (ауд. 329): специализированная мебель 394018, г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, этаж – 3, пом. 136

Учебная аудитория (ауд. 129): специализированная мебель 394018, г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, этаж – 1, пом. 141

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Введение в волноводную фотонику и элементы теории информации	ПК-3 ПК-5	ПК-3.1 ПК-5.1 ПК-5.2 ПК-5.3	Самостоятельные задания для контроля освоения дисциплины
2.	Физика распространения электромагнитных волн в оптическом волокне и планарных оптических волноводах			Самостоятельные задания для контроля освоения дисциплины
3.	Брэгговский планарный волновод			Отчет по лабораторной работе
4.	Механизмы потерь в оптических волноводах			Отчет по лабораторной работе
5.	Измерение параметров элементов волноводной фотоники			Самостоятельные задания для контроля освоения дисциплины Отчет по лабораторной работе
6.	Устройства согласования в волоконно-оптических системах связи			Отчет по лабораторной работе
7.	Управление излучением в оптических волноводах			Отчет по лабораторной работе
8.	Компоненты волоконно-оптических систем связи			Отчет по лабораторной работе Тест
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				КИМ (Перечень вопросов + Практические задания)

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: выполнения лабораторных работ, практических и тестовых заданий.

Выполнение лабораторных работ состоит с изучения кратких теоретических сведений по изучаемому вопросу, ознакомлению со стендом или методикой выполнения практической части и получения допуска путем ответа на контрольные вопросы. В результате выполнения лабораторной работы оформляется отчет со структурой: тема, цель, теоретическая часть (определения, вывод формул), практическая часть (таблицы, графики, расчеты), вывод. После выполнения всех лабораторных работ проводится итоговое тестирование.

Самостоятельные задания формулируются преподавателем по окончании занятия для закрепления обучающимся пройденного материала (содержит перечень задач для выполнения / вопросов) или подготовке к последующим занятиям. На следующем занятии преподаватель осуществляет полную/выборочную проверку выполнения обучающимися домашних (самостоятельных) заданий. В случае невыполнения обучающимся домашнего (самостоятельного) задания (по лабораторному занятию) преподаватель не оценивает работу обучающегося на текущем лабораторном занятии выше 2 баллов (положительная оценка (3/4/5) может быть выставлена по результатам выполнения индивидуального задания).

Пример тестовых заданий:

1. Поставьте в соответствие пассивные элементы волоконно-оптических линий связи к их определениям

Варианты элементов: Сплиттер, Атенюатор, Волоконно-оптический фильтр, Волоконно-оптический изолятор, Коммутатор, Оптический разъем.

Элементы	Определения
	устройство, предназначенное для подавления обратного отражения в волоконно-оптических линиях связи и имеющее минимальные вносимые потери в прямом направлении.
	элемент, прикрепленный к одному из оптических кабелей или отдельной части оборудования для осуществления частых соединений/разъединений оптических волокон или кабелей.
	модифицирует проходящее через него оптическое излучение за счет изменения спектрального распределения мощности.
	элемент, имеющий один или больше портов, которые передают, блокируют или перенаправляют оптическую мощность в одно из волокон в волоконно-оптических линиях связи.
	элемент, осуществляющий управляемое ослабление сигнала в волоконно-оптической линии передачи.
	элемент, обладающий тремя или более портами и распределяющий мощность между ними в определенном соотношении без какого-либо усиления, переключения или какой-то модуляции.

2. Поставьте в соответствие пассивный элемент и его параметры

Описание устройства	Название устройства
устройство, обычно имеющее один выходной порт и два или больше входных портов	
устройство, имеющее обычно один входной порт и несколько выходных портов	

Варианты ответа: комбайнер, сплиттер, сросток.

3. Выберите один или несколько ответов

Избыточные потери

- а) это общая мощность, потерянная в устройствах ветвления, когда оптический сигнал подается в порт i ,

- b) это мощность, потерянная в одном оптическом порте, когда в него подается сигнал,
- c) являются массивом из N значений для устройства ветвления с N входными портами, по одному значению для каждого входного порта i ,
- d) является массивом из N значений для устройства ветвления с N входными портами, по N значений для каждого входного порта i .

4. Поставьте в соответствие параметр разветвителя и его определение

Определение	Параметр
отношение оптической мощности, поступающей на входной порт разветвителя, к общей мощности на выходе любого выходного порта, выраженное в дБ	
отношение оптической мощности, излучаемой одним выходным портом, к сумме оптических мощностей, излучаемых всеми выходными портами	
мера того, насколько выходная мощность равномерно распределена между выходными портами разветвителя	

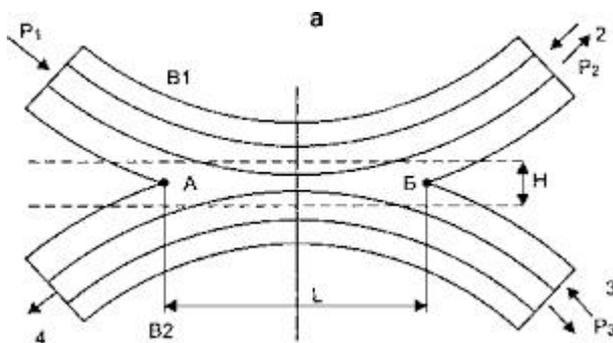
Варианты параметра: однородность, коэффициент ветвления, коэффициент усиления, избыточные потери.

5. Выберите один или несколько ответов

Неразъемное соединение, или сросток, постоянно соединяет два волокна. Существуют следующие типы неразъемных соединений (сростков):

- a) Сварное соединение
- b) Пружинное соединение
- c) Разъёмное соединение
- d) Механическое соединение

6. На рисунке показан сплавной разветвитель с биконический отводами.

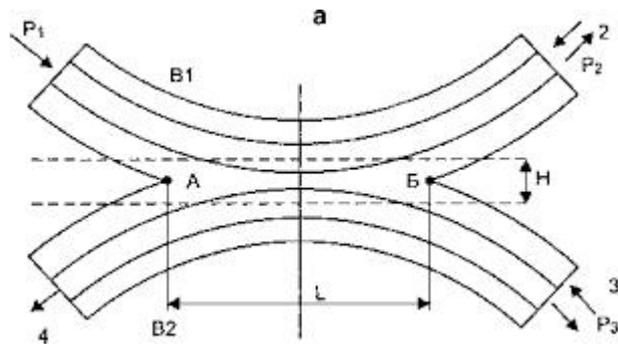


Уровень мощности, перешедшей из одного волокна в другое, может быть изменен путем изменения следующих параметров:

- a) уровень мощности на входе,
- b) разность радиусов сердцевин в области связи,
- c) радиус сердцевины в области связи,
- d) температура сварки при изготовлении разветвителя,
- e) длина области связи, через которую осуществляется взаимодействие двух полей.

Выберите один или несколько ответов.

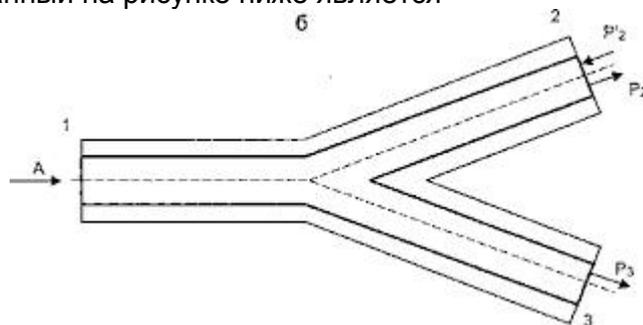
7. Каким параметром определяется коэффициент разветвления в изображенном на рисунке разветвителе (выберите верное обозначение)



- a) P_2
- b) P_1
- c) H
- d) L
- e) P_3

Выберите один или несколько ответов.

8. Разветвитель, показанный на рисунке ниже является



- a) разветвителем мощности 2x1
- b) разветвителем мощности 1x3
- c) разветвителем мощности 1x2
- d) разветвителем мощности 2x2
- e) разветвителем мощности 3x1

Выберите один или несколько ответов.

9. Устройство, которое уменьшает интенсивность светового сигнала, прошедшего через него называется

- a) аттенюатором
- b) поглотителем
- c) сплиттером
- d) отражателем
- e) Выберите один или несколько ответов.

10. При проектировании оптических изоляторов используется

- a) эффект Зеебека
- b) фотоэффект
- c) эффект Пельтье
- d) эффект Фарадея

Выберите один или несколько ответов.

11. Вносимые потери за счет механического соединения обычно меньше, чем за счет сварного соединения.

- a) Верно
- b) Неверно

12. Многомодовые оптические волокна со ступенчатым показателем преломления обладают

- a) малым диаметром сердцевины и малым значением числовой апертуры,
- b) малым диаметром сердцевины и высоким значением числовой апертуры,

- c) большим диаметром сердцевины и малым значением числовой апертуры,
- d) большим диаметром сердцевины и высоким значением числовой апертуры.

Выберите один или несколько ответов.

13. В волоконно-оптических линиях связи применяют следующие источники излучения:

- a) люминесцентные лампы,
- b) вакуумные диоды,
- c) фотодиоды,
- d) лазерные диоды,
- e) светоизлучающие диоды,
- f) рентгеновская трубка.

Выберите один или несколько ответов.

14. Свет, излучаемый светодиодами

- a) является монохроматичным,
- b) не является когерентным,
- c) не является монохроматичным,
- d) излучается в конусе под малым углом,
- e) является когерентным.

Выберите один или несколько ответов.

15. Светоизлучающий диод

- a) может быть сформирован только на основе р-п-перехода,
- b) может быть сформирован как на основе р-п-перехода так и гетероперехода,
- c) может быть сформирован только на основе гетероперехода.

16. В многомодовых лазерах

- a) интенсивность всех мод одинакова,
- b) излучается доминантная мода желаемой длины волны и боковые моды меньшей амплитуды,
- c) существует распределение мощности по модам,
- d) излучается боковая мода желаемой длины волны и доминантные моды меньшей амплитуды.

Выберите один или несколько ответов.

17. Устройство, которое принимает искаженный оптический сигнал на свой вход и преобразует его в почти идеальную копию сигнала, похожую на ту, которая была передана предыдущим передатчиком является

- a) оптическим усилителем,
- b) терминатором,
- c) лазером,
- d) регенератором.

18. Существуют следующие усилители оптического сигнала в ВОЛС:

- a) усилители на полупроводниковых транзисторах,
- b) усилители на легированном волокне,
- c) усилители на газовых лазерах,
- d) усилители на лазерных диодах,
- e) брегговские усилители,
- f) рамановские усилители.

Выберите один или несколько ответов.

19. Какой вид дисперсии отсутствует в одномодовом волокне?

- a) межмодовая дисперсия,
- b) хроматическая дисперсия,
- c) поляризационная модовая дисперсия,
- d) материальная дисперсия.

20. Материальная дисперсия

- a) является главной составляющей дисперсии в системах с одномодовым волокном,
- b) вызвана тем, что различные длины волн проходят через определенные материалы с одинаковыми скоростями,
- c) вызвана тем, что различные материалы по-разному поглощают свет одинаковой длины волны,
- d) является главной составляющей дисперсии в системах с многомодовым волокном,
- e) вызвана тем, что различные длины волн проходят через определенные материалы с различными скоростями.

Выберите один или несколько ответов.

21. Хроматическая дисперсия

- a) не зависит от длины волны света,
- b) является комбинацией материальной и волноводной дисперсии,
- c) вызвана волновой независимостью групповой скорости в волокне,
- d) вызвана волновой зависимостью групповой скорости в волокне.

Выберите один или несколько ответов.

22. В некоторых случаях создаются ряд напряженных состояний, возникающих в волокне в процессе производства или намотки. Сердечник волокна и оболочка формируются в процессе механического вытягивания, вызывающего непредсказуемое двойное лучепреломление в волокне (приводящее к обмену мощностями между двумя состояниями поляризации), в результате чего эффективная скорость распространения света в среде зависит от ориентации электрического поля света. Это приводит к возникновению

- a) поляризационной дисперсии,
- b) материальной дисперсии,
- c) модовой дисперсии,
- d) хроматической дисперсии,
- e) виртуальной дисперсии.

Выберите один или несколько ответов.

23. Существуют следующие основные виды потерь в оптоволокне:

- a) потери, вызванные несовершенством оптоволокна,
- b) собственные внутренние потери,
- c) потери, вызванные несовершенством источника излучения,
- d) внешние потери,
- e) несобственные внутренние потери,
- f) собственные внешние потери,
- g) рассеяние Рэлея

Выберите один или несколько ответов.

24. Внешние потери поглощения вызваны

- a) только молекулярным строением материала волновода,
- b) наличием примесей только в виде гидроксильных групп,
- c) наличием примесей только в виде металлов,
- d) наличием примесей металлов и гидроксильных групп.

Выберите один или несколько ответов.

25. Рэлеевское рассеяние

- a) не зависит от длины волны,
- b) прямо пропорционально длине волны,
- c) обратно пропорционально длине волны,
- d) вызвано флуктуациями мгновенной плотности и вариациями концентрации молекул за счет несовершенства внутренней структуры волокна,
- e) вызвано наличием примесей в волокне таких как металлы и гидроксильные группы.

Выберите один или несколько ответов.

26. Рабочими диапазонами длин волн для волоконно-оптических линий связи являются:
- 820-900 нм,
 - 400-800 нм,
 - 1280-1350 нм,
 - 1528-1561 нм,
 - 600-1200 нм.

Выберите один или несколько ответов.

27. Расположите в правильном порядке этапы разработки оптической системы:
- Выбор принципиальной конструкции оптической системы и габаритный расчет;
 - Согласование технического задания и проверка реализуемости;
 - Инженерные расчеты;
 - Коррекционный расчет и определение показателей качества изображения;
 - Выбор принципиальной конструкции отдельных элементов;
 - Оценка технологичности при предельных допусках, расчет влияния измерения параметров на характеристики и определение допусков на оптические детали и узлы;
 - Оформление технической документации на расчет оптической системы.
28. Обобщенным критерием технологичности оптической системы является:
- технологическая способность предприятия к производству данного изделия,
 - экономическая целесообразность при заданном качестве и принятых условиях производства, эксплуатации и ремонта,
 - минимальная себестоимость,
 - наличие необходимой технологической оснастки,
 - отсутствие прямых аналогов разработанного изделия,
 - минимальное время производства изделия.

Выберите один или несколько ответов.

Текущая аттестация считается пройденной, если количество правильных ответов в тесте более 60 %.

20.2. Промежуточная аттестация

Оценка «отлично» на экзамене может быть выставлена по результатам текущего контроля успеваемости при выполнении всех следующих условий обучающимся:

- посещение 80% и более лекционных занятий;
- пропуск не более 1 лабораторного (без уважительной причины) с последующей отработкой;
- количество правильных ответов в тесте более 85 %.

В других случаях студент при условии выполнения лабораторных работ вправе сдавать экзамен на общих основаниях путем ответа на вопросы контрольно-измерительного материала, включающего:

- теоретический вопрос;
- два практических задания в соответствии индикаторам компетенций ПК-3 и ПК-5.

Примеры практических заданий:

- Оценить потери в многомодовом оптическом волокне при соединении волокон с различными значениями числовой апертуры: $NA_1 = 8.94^\circ$ и $NA_2 = 7.07^\circ$.
- Оценить потери при соединении оптических волокон с показателями преломления 1.5286 и 1.5038 в отсутствии воздушного зазора.
- Оценить потери в многомодовом оптическом волокне при соединении волокон с различными значениями числовой апертуры: $NA_1 = 9.94^\circ$ и $NA_2 = 7.03^\circ$.
- Какую величину коэффициента преломления необходимо использовать в оболочке сердцевины оптического волокна с $n = 1.5497$, чтобы числовая апертура составляла 10° ?
- Какую величину коэффициента преломления необходимо использовать в оболочке сердцевины оптического волокна с $n = 1.52$, чтобы числовая апертура составляла 6° ?
- Какую величину коэффициента преломления необходимо использовать в оболочке сердцевины оптического волокна с $n = 1.5132$, чтобы числовая апертура составляла 8.5° ?

7. Оценить потери при соединении оптических волокон с показателями преломления 1.5264 и 1.5112 в отсутствии воздушного зазора.
8. Какую величину коэффициента преломления необходимо использовать в оболочке сердцевины оптического волокна с $n = 1.4970$, чтобы числовая апертура составляла 7.5° ?
9. Для ТМ-волны рассчитать отражательную способность поверхности раздела двух однородных сред различной оптической плотности при угле падения 44° , если коэффициент преломления первой среды 1.08, а второй 1.5186.
10. Для ТЕ-волны рассчитать отражательную способность поверхности раздела двух однородных сред различной оптической плотности при угле падения 44° , если коэффициент преломления первой среды 1.08, а второй 1.5186.

Перечень вопросов к экзамену:

1. Физика полного внутреннего отражения.
2. Дисперсионные явления в оптических световодах.
3. Числовая апертура. Многомодовость оптического волокна.
4. Многослойные плоские волноводы. Волноводные моды плоских волноводов.
5. Векторное волновое уравнение. Способы решения.
6. Дисперсионные уравнения многослойных плоских волноводов.
7. Характер распределения напряженностей поля при ТЕ- и ТМ-поляризации.
8. Взаимодействие волноводных мод.
9. Планарный волновод с многослойным брэгговским зеркалом.
10. Условия возникновения и аналитическое описание волноводных мод. Их согласование на границах раздела сред.
11. Поверхностные затухающие брэгговские волны в многослойных диэлектрических средах.
12. Поглощение в материале волокна. Рассеяние света в другие моды. Потери на изгибе.
13. Измерение параметров оптического волокна: числовая апертура; модовый состав оптического волокна, диаметр светового пятна.
14. Оптическое согласование. Ввод и вывод излучения в тонкопленочный волновод.
15. Устройства согласования интегрально-оптических волноводов и волоконных световодов.
16. Геодезическая планарная линза.
17. Связь между волноводами. Условий ввода излучения в цилиндрический и планарный волноводы.
18. Управление параметрами сред. Модуляция и переключение света.
19. Объемные акустооптические и электрооптические модуляторы.
20. Интегрально-оптические модуляторы.
21. Ответвители, разветвители, переключатели каналов. Оптические вентили.
22. Мультиплексоры и демультиплексоры.
23. Преобразователи мод. Источники и детекторы оптического излучения.
24. Волоконно-оптические лазеры. Лазеры с распределенной обратной связью.
25. Волоконно-оптические датчики.
26. Волоконно-оптические информационно-измерительные системы.
27. Волоконные гироскопы.
28. Интегрально-оптический фотодетектор.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Посещение лекционных занятий. Ответ на вопрос контрольно-измерительного материала во время экзамена. Ответы на дополнительные вопросы. Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.	Повышенный уровень	Отлично
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному (двум) из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Недостаточно продемонстрировано знание теоретических основ дисциплины.	Базовый уровень	Хорошо
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум(трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Имеет не полное представление о теоретических основах, допускает существенные ошибки.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем (четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.	–	Неудовлетворительно