

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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
оптики и спектроскопии
 (Овчинников О.В.)
подпись, расшифровка подписи

21.06.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.02 Волноводная фотоника

1. Код и наименование направления подготовки: 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика
2. Профиль подготовки: Перспективные материалы и устройства фотоники
3. Квалификация выпускника: магистр
4. Форма образования: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра оптики и спектроскопии
6. Составители программы: Королев Никита Викторович, к. ф.-м. н., доцент
Овчинников Олег Владимирович, д.ф.-м.н., профессор
7. Рекомендована: НМС физического ф-та ВГУ протокол № 6 от 20.06.2023
8. Учебный год: 2024/2025 Семестр(-ы): 3

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью освоения учебной дисциплины является формирование профессиональных компетенций в области физических основ и технологий волноводной фотоники.

Задачи учебной дисциплины:

– сформировать знания о оптических принципах современных направлениях и тенденциях развития волоконной и интегральной оптики; об основах волноводной фотоники и применяемых технологий;

– изучить принципы конструирования основных волноводных элементов и устройств (канальных волноводов, брэгговских решеток, систем ввода-вывода, селекторов, мультиплексоров, усилителей, лазеров, модуляторов);

– научиться проводить теоретический анализ и расчет основных характеристик волноводных пассивных и активных элементов и устройств;

– овладеть навыками измерения и тестирования основных характеристик волоконных и планарных волноводных структур, элементов и устройств.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: учебная дисциплина Б1.В.02 «Волноводная фотоника» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 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-1	Способен к анализу состояния научно-технической проблемы и постановке цели и задач проводимых научных исследований на основе подбора и изучения литературных и патентных источников	ПК–1.1	Составляет план поиска научно-технической информации по созданию материалов и разработке устройств фотоники	Знать: условия и режимы эксплуатации, конструктивные особенности разрабатываемых оптических и оптико-электронных приборов с применением оптических волокон. Уметь: согласовывать условия и режимы эксплуатации оптических и оптико-электронных приборов. Владеть: навыками определения условий и режимов эксплуатации, конструктивных особенностей оптических и оптико-электронных приборов с применением оптических волокон.
		ПК–1.2	Проводит поиск и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по созданию материалов и разработке устройств фотоники	Знать: принципы поиска научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору. Уметь: проводить поиск научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору. Владеть: навыками поиска научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору.
		ПК–1.3	Представляет информацию в систематизированном виде, оформляет научно-технические	Знать: требования к результатам разработки оптоэлектронных приборов и комплексов Уметь: Оформляет научно-технические отчеты о результатах разработки оптических и оптико-электронных

			отчеты	приборов и комплексов Владеть: навыками оформления научно-технических отчетов о результатах разработки оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.
ПК-2	Способен экспериментально исследовать перспективные материалы и моделировать процессы в устройствах фотоники	ПК-2.1	Формулирует задачи для выявления принципов и путей создания перспективных материалов, моделирует процессы в устройствах фотоники	Знать: методики измерения характеристик оптических волокон. Уметь: определять характеристики и параметры оптического волокна с последующим оценкой протекающих процессов. Владеть: методиками измерения характеристик оптического волокна и оценки влияния внешних и внутренних факторов на затухание передаваемого сигнала.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час – 7/252.

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		3	
Аудиторные занятия	104	104	
в том числе:	лекции	44	44
	практические		
	лабораторные	60	60
Самостоятельная работа	112	112	
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации <i>экзамен</i>	36	36	
Итого:	252	252	

13.1 Содержание дисциплины:

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Введение в волноводную фотонику	Волноводная фотоника как научно-техническое направление. Ключевые этапы развития, предмет, цели, задачи и области приложения. Элементы на базе волноводной фотоники.
1.2	Физика распространения электромагнитных волн в оптическом волокне и планарных оптических волноводах	Особенности оптического диапазона передачи информации. Распространение оптических волн в волноводах. Оптическое волокно. Физика полного внутреннего отражения. Дисперсионные явления в оптических световодах. Моды в волноводах. Многомодовые оптические 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. Их согласование на границах раздела сред. Поверхностные затухающие брэгговские волны в многослойных диэлектрических средах. Брэгговские зеркала. Графический и численный

		методы решения дисперсионных уравнений. Нормировка и компьютерное моделирование волноводных мод.
1.4	Механизмы потерь в оптических волноводах	Поглощение в материале волокна. Рассеяние света в другие моды. Потери на изгибе.
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 волноводной фотонике	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	Модуляция и переключение света. Общие представления об объемных акустооптических и электрооптических модуляторах. Интегрально-оптические модуляторы. Ответвители, разветвители, переключатели каналов. Оптические вентили. Мультиплексоры и демультиплексоры
1.8	Компоненты волноводной фотоники.	Преобразователи мод. Источники и детекторы оптического излучения. Волоконно-оптические лазеры. Лазеры с распределенной обратной связью. Волоконно-оптические датчики. Волоконно-оптические информационно-измерительные системы. Волоконные гироскопы. Интегрально-оптический фотодетектор.
2. Лабораторные работы		
2.1	Ввод излучения в оптический волновод.	Способы и устройства ввода излучения в оптический волновод.
2.2	Изучение оптических кабелей различного назначения	Классификация волоконно-оптических кабелей. Структурные элементы волоконно-оптических кабелей.
2.3	Измерительное оборудование для оптоволоконных линий	Фундаментальные понятия оптических измерений. Стандартные волоконно-оптические тесты. Измерители оптической мощности. Рефлектометры. Оптические тестеры.
2.4	Исследование постоянных и переменных аттенуаторов для ВОЛС	Аттенуаторы для оптических волноводов и волоконно-оптических линий связи. Типы и назначение.
2.5	Исследование различных видов оптических разветвителей по коэффициенту деления	Оптические разветвители, делители. Типы и назначение. Особенности устройства.
2.6	Исследование разъемных соединений ВОЛС: адаптеры типов ST, FC, LC, SC по вносимым потерям	Соединение волокон. Проблемы соединения. Подготовка концов волокон. Сращивание волокон. Типы коннекторов и их свойства. Оптические соединители.
2.7	Исследование волоконно-оптической линии связи с помощью оптического рефлектометра	Устройства для контроля качества сигнала в волоконно-оптических линиях связи. Оптические рефлектометры.
2.8	Исследование волоконно-оптической линии связи с обрывом (аттенуатором) в середине с помощью рефлектометра	Способы определения обрыва в волоконно-оптической линии.
2.9	Исследование волоконно-оптической линии связи с изгибом с помощью рефлектометра	Влияние изгиба оптического волокна на распространение излучения.
2.10	Исследование потерь в волоконно-оптической линии связи на разных длинах волн	Механизмы потерь в оптических волноводах. Рассеяние света в другие моды волновода. Потери на изгибе.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практ.	Лаб.	Сам. работа	Всего
1.1	Введение в волноводную фотонику	2			4	6
1.2	Физика распространения электромагнитных волн в оптическом волокне и планарных оптических волноводах	8			6	14
1.3	Брэгговский планарный волновод	4			6	10
1.4	Механизмы потерь в оптических волноводах	6			6	12
1.5	Измерение параметров элементов волноводной фотоники	6			6	12
1.6	Устройства согласования в волноводной фотонике	6			6	12
1.7	Управление излучением в оптических волноводах	8			6	14
1.8	Компоненты волноводной фотоники	4			6	10
2.1	Ввод излучения в оптический волновод.			6	6	12
2.2	Изучение оптических кабелей различного назначения			6	6	12
2.3	Измерительное оборудование для оптоволоконных линий			6	6	12
2.4	Исследование постоянных и переменных аттенюаторов для ВОЛС			6	6	12
2.5	Исследование различных видов оптических разветвителей по коэффициенту деления			6	6	12
2.6	Исследование разъемных соединений ВОЛС: адаптеры типов ST, FC, LC, SC по вносимым потерям			6	6	12
2.7	Исследование волоконно-оптической линии связи с помощью оптического рефлектометра			6	6	12
2.8	Исследование волоконно-оптической линии связи с обрывом (аттенюатором) в середине с помощью рефлектометра			6	6	12
2.9	Исследование волоконно-оптической линии связи с изгибом с помощью рефлектометра			6	6	12
2.10	Исследование потерь в волоконно-оптической линии связи на разных длинах волн			6	6	12
	Итого	44		60	112	216

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными этапами освоения дисциплины являются: 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) Лабораторные занятия. При подготовке к лабораторным занятиям студентам рекомендуется: внимательно ознакомиться с тематикой лабораторной работы, прочесть теоретический материал по теме, изучить рекомендованную литературу. Составить краткий конспект, в котором указать цель работы, оборудование, используемый алгоритм или методику; проверить свои знания, отвечая на вопросы для самопроверки. При встрече с незнакомыми терминами обязательно обратиться к словарю и зафиксировать их в тетради.

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.	Салех, Б. Оптика и фотоника. Принципы и применения. Пер. с англ. : Учебное пособие. В 2 т. Т. 1 / Б. Салех, М. Тейх. – Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект», 2012. – 760 с
2.	Варданян, В. А. Волноводная фотоника. Примеры расчетно-графических работ : учебное пособие для вузов / В. А. Варданян. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — ISBN 978-5-507-47524-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/386405 (дата обращения: 24.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 1.).

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	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 (дата обращения: 24.03.2023).
4.	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 (дата обращения: 24.03.2023).

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Ресурс
6.	ЭБС «Университетская библиотека Online» – https://biblioclub.ru/
7.	ЭБС Лань – https://e.lanbook.com/

16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Бейли, Дэвид. Волоконная оптика : теория и практика : пер. с англ. / Дэвид Бейли, Эдвин Райт .— М. : КУДИЦ-Образ, 2006 .— 320 с. : ил. — (Сетевые технологии) .— Предм. указ.: с. 308-314.
2.	Тучин, Валерий Викторович. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях / В. В. Тучин .— Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1998 .— 382, [1] с. : ил., табл. — ISBN 5-292-01779-5 : 20.00.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

В учебном процессе используются традиционные и образовательные технологии. По образовательным формам: лекции и лабораторные работы. Преобладающими методами и приемам обучения являются: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ – демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Организационная структура лекционного занятия: 1. Формулировка темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса. 2. Разъяснение вопросов теоретического и практического плана для решения поставленной проблемы. 3. Рассмотрение путей решения проблемного вопроса на конкретных примерах. 4. Заключение, формулировка выводов. 5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.

Организационная структура лабораторного занятия: 1. Формулировка темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса. 2. Ознакомление с теоретическими и практическими аспектами выполняемой работы. 3. Практическая реализация рассматриваемой задачи. 4. Заключение, формулировка выводов. 5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.

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

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Специализированная мебель, проектор, ноутбук, экран. WinPro 8, OfficeStandard 2019, «Антиплагиат.ВУЗ», MathWorks TotalAcademicHeadcount.

Учебное оборудование «Волоконно-оптическая линия связи» модель ЭЛБ-170.023.02, многофункциональный оптический тестер-рефлектометр ТОПАЗ-7315-AR с длиной волны оптического излучения 1310 и 1550 нм, визуальный локатор повреждений с длиной оптического излучения в видимой области спектра (650 нм).

19. Фонд оценочных средств:

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.1	Введение в волноводную фотонику	ПК-1	ПК-1.1 ,1.2, 1.3	Тесты, вопросы
1.2	Физика распространения электромагнитных волн в оптическом волокне и планарных оптических волноводах	ПК-1	ПК-1.1 ,1.2, 1.3	Тесты, вопросы
1.3	Брэгговский планарный волновод	ПК-1	ПК-1.1 ,1.2, 1.3	Тесты, вопросы
1.4	Механизмы потерь в оптических волноводах	ПК-1	ПК-1.1 ,1.2, 1.3	Тесты, вопросы
1.5	Измерение параметров элементов волноводной фотоники	ПК-1	ПК-1.1 ,1.2, 1.3	Тесты, вопросы
1.6	Устройства согласования в волноводной фотонике	ПК-1	ПК-1.1 ,1.2, 1.3	Тесты, вопросы
1.7	Управление излучением в оптических волноводах	ПК-1	ПК-1.1 ,1.2, 1.3	Тесты, вопросы
1.8	Компоненты волноводной фотоники	ПК-1	ПК-1.1 ,1.2, 1.3	Тесты, вопросы
2.1	Ввод излучения в оптический волновод.	ПК-1 ПК-2	ПК-1.3 ПК-2.1	Вопросы, задачи
2.2	Изучение оптических кабелей различного назначения	ПК-1 ПК-2	ПК-1.3 ПК-2.1	Вопросы, задачи
2.3	Измерительное оборудование для оптоволоконных линий	ПК-1 ПК-2	ПК-1.3 ПК-2.1	Вопросы, задачи
2.4	Исследование постоянных и переменных аттенуаторов для ВОЛС	ПК-1 ПК-2	ПК-1.3 ПК-2.1	Вопросы, задачи
2.5	Исследование различных видов оптических разветвителей по коэффициенту деления	ПК-1 ПК-2	ПК-1.3 ПК-2.1	Вопросы, задачи
2.6	Исследование разъемных соединений ВОЛС: адаптеры типов ST, FC, LC, SC по вносимым потерям	ПК-1 ПК-2	ПК-1.3 ПК-2.1	Вопросы, задачи
2.7	Исследование волоконно-оптической линии связи с помощью оптического рефлектометра	ПК-1 ПК-2	ПК-1.3 ПК-2.1	Вопросы, задачи
2.8	Исследование волоконно-оптической линии связи с обрывом (аттенуатором) в середине с помощью рефлектометра	ПК-1 ПК-2	ПК-1.3 ПК-2.1	Вопросы, задачи
2.9	Исследование волоконно-оптической линии связи с изгибом с помощью рефлектометра	ПК-1 ПК-2	ПК-1.3 ПК-2.1	Вопросы, задачи

2.10	Исследование потерь в волоконно-оптической линии связи на разных длинах волн	ПК-1 ПК-2	ПК-1.3 ПК-2.1	Вопросы, задачи
			Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен	Вопросы, задачи.

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

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы, тесты, задачи. Типовые задания теста, вопросы и задачи для проведения аттестации представлены в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины

20.1. Текущая аттестация

Текущая аттестация проводится по результатам выполнения лабораторного практикума. Лабораторная работа выполнена, если:

- составлен конспект, в котором указаны: цель работы, оборудование, теоретические основы работы, приведено описание установки и методики измерения; получен допуск к выполнению работы по итогу устной беседы с преподавателем по содержанию конспекта;
- выполнена экспериментальная часть работы, обработаны результаты измерений, получен окончательный результат и сделаны выводы, оформлен отчет. В устной беседе с преподавателем студент «защитил» работу продемонстрировав: достаточный уровень освоения материала по тематике работы; способность дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы.

Текущая аттестация №1.

- «зачтено» – выполнены и защищены не менее трех лабораторных работ;
- «не зачтено» – выполнены и защищены менее трех лабораторных работ.

Текущая аттестация №2

- «зачтено» – выполнены и защищены не менее шести лабораторных работ;
- «не зачтено» – выполнены и защищены менее шести лабораторных работ.

20.2. Промежуточная аттестация

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен.

Оценка за экзамен может быть выставлена по результатам текущей успеваемости обучающегося в течение семестра на заключительном занятии. Оценки вносятся в аттестационную ведомость. При несогласии студента с оценкой последний вправе сдавать экзамен на общих основаниях.

Экзамен проводится в письменной форме. Каждый КИМ включает два теоретических вопроса (и задачу (вопросы к экзамену и задачи см. в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины). Обучающийся готовит ответы на вопросы КИМа на бланках ответа и устно отвечает преподавателю. Оценивается правильность и полнота ответа на каждый вопрос, при решении задачи оценивается: знание физических основ (явлений, законов, формул), необходимых для ее решения; наличие математических преобразований; правильный ответ. Время подготовки ответа не более 45 мин, время ответа не более 15 мин.

Пример КИМ:

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой оптики и спектроскопии
Овчинников О.В.
подпись, расшифровка подписи
___.___.20__

Направление подготовки 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика
Дисциплина Волноводная фотоника
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Особенности оптического диапазона передачи информации.
2. Ответвители, разветвители, переключатели каналов. Оптические вентили
3. Вычислить значение числовой апертуры для оптического волокна, если коэффициенты преломления сердцевины и оболочки составляют 1.4922 и 1.4987 соответственно. Полученное значение округлить до 10^{-4} .

Преподаватель _____ *Королев Н.В.*

Критерии и шкалы оценивания КИМ:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) ответ на теоретические вопросы:

• 2 балла – обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;

- 1 балл – обучающийся частично владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;

- 0 баллов – обучающийся не владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований

2) расчетные задачи, ситуационные, практико-ориентированные задачи:

- 2 баллов – задача решена верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход решения);
- 1 балла – решение задачи содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода ее решения, или задача решена не полностью, но получены промежуточные результаты, отражающие правильность хода решения задачи, или, в случае если задание состоит из решения нескольких подзадач, 50% которых решены верно;
- 0 баллов – задача не решена или решение неверно (ход решения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее изучение задачи).

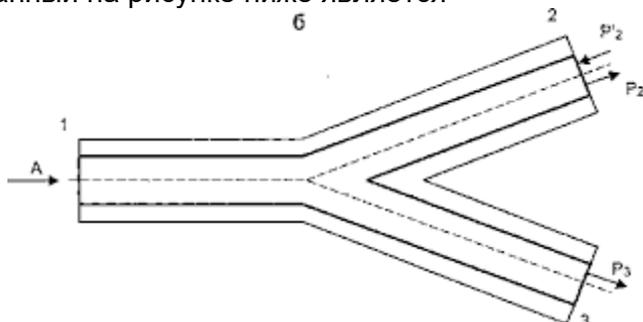
В зависимости от набранного балла за КИМ, выставляется оценка по четырехбалльной шкале:

- от 5 до 6 баллов – «отлично»;
- от 3 до 4 баллов – «хорошо»;
- 2 балла – «удовлетворительно»;
- от 0 до 1 баллов – «неудовлетворительно».

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Перечень типовых заданий для проведения текущих и промежуточных аттестаций

Примерные тестовые задания для текущего и промежуточного контроля знаний:

1. Разветвитель, показанный на рисунке ниже является



- а) разветвителем мощности 2x1
 - б) разветвителем мощности 1x3
 - в) разветвителем мощности 1x2
 - г) разветвителем мощности 2x2
 - д) разветвителем мощности 3x1
2. Устройство, которое уменьшает интенсивность светового сигнала, прошедшего через него, называется
- а) аттенюатором
 - б) поглотителем
 - в) сплиттером
 - г) отражателем
3. При создании оптических изоляторов используется
- а) эффект Зеебека
 - б) фотоэффект
 - в) эффект Пельтье
 - г) эффект Фарадея
4. Многомодовые оптические волокна со ступенчатым показателем преломления обладают
- а) малым диаметром сердцевины и малым значением числовой апертуры,
 - б) малым диаметром сердцевины и высоким значением числовой апертуры,
 - в) большим диаметром сердцевины и малым значением числовой апертуры,
 - г) большим диаметром сердцевины и высоким значением числовой апертуры.
5. Светоизлучающий диод
- а) может быть сформирован только на основе р-п-перехода,
 - б) может быть сформирован как на основе р-п-перехода, так и гетероперехода,
 - в) может быть сформирован только на основе гетероперехода,
 - г) не реализуем без слоя полупроводника с собственной проводимостью.
6. 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
- а) оптическим усилителем,
 - б) терминатором,
 - в) лазером,
 - г) регенератором.
7. Какой вид дисперсии отсутствует в одномодовом волокне?
- а) межмодовая дисперсия,
 - б) хроматическая дисперсия,
 - в) поляризационная модовая дисперсия,
 - г) материальная дисперсия.
8. 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

- а) поляризационной дисперсии,
 - б) материальной дисперсии,
 - в) модовой дисперсии,
 - г) хроматической дисперсии,
 - д) виртуальной дисперсии.
9. Внешние потери поглощения вызваны
- а) только молекулярным строением материала волновода,
 - б) наличием примесей только в виде гидроксильных групп,
 - в) наличием примесей только в виде металлов,
 - г) наличием примесей металлов и гидроксильных групп.
10. Обобщенным критерием технологичности оптической системы является:
- а) технологическая способность предприятия к производству данного изделия,
 - б) экономическая целесообразность при заданном качестве и принятых условиях производства, эксплуатации и ремонта,
 - в) минимальная себестоимость,
 - г) наличие необходимой технологической оснастки,
 - д) отсутствие прямых аналогов разработанного изделия,
 - е) минимальное время производства изделия.
11. Числовой характеристикой пространственного конуса, внутри которого можно осуществить ввод излучения в оптическое волокно, является:
- а) числовая апертура,
 - б) диаметр сердцевины волокна,
 - в) относительная частота,
 - г) толщина оболочки.
12. Меридиональный луч – это:
- а) луч, который образует паразитные моды оболочки оптического волокна,
 - б) луч, который распространяется в плоскости, не содержащей ось симметрии волокна,
 - в) луч, который распространяется в плоскости, проходящей через ось симметрии волокна,
 - г) луч, который не испытывает эффекта полного внутреннего отражения.
13. Единицей измерения коэффициента затухания является
- а) непер,
 - б) децибел/километр,
 - в) децибел,
 - г) бел/секунду.
14. Микроструктурное волокно – это:
- а) волокно из чистого кварцевого стекла, содержащее многочисленные поперечные слои с различным коэффициентом преломления,
 - б) волокно из чистого кварцевого стекла, содержащее многочисленные цилиндрические воздушные отверстия, параллельные оси по всей длине,
 - в) волокно из чистого кварцевого стекла, легированное редкоземельными элементами,
 - г) волокно из чистого кварцевого стекла, содержащее многочисленные свили.
15. Спекл-шум возникает в результате:
- а) нагрева оптического волокна,
 - б) изгибания оптического волокна,
 - в) случайной интерференции мод,
 - г) помещения оптического волокна в магнитное поле.

Примеры задач для текущего и промежуточного контроля знаний:

1. Вычислить значение числовой апертуры для оптического волокна, если коэффициенты преломления сердцевины и оболочки составляют 1.4902 и 1.4985 соответственно. Полученное значение округлить до 10^{-4} .
2. Вычислить значение числовой апертуры для оптического волокна, если коэффициенты преломления сердцевины и оболочки составляют 1.4922 и 1.4987 соответственно. Полученное значение округлить до 10^{-4} .

3. Оценить потери в многомодовом оптическом волокне при соединении волокон с различными значениями числовой апертуры: $NA_1 = 0.15595$ и $NA_2 = 0.12335$. Результат округлить до 10^{-2} , размерность ответа децибелы.
4. Оценить потери при соединении оптических волокон с показателями преломления 1.5264 и 1.5112 в отсутствии воздушного зазора. Результат округлить до 10^{-5} , размерность ответа децибелы.
5. Оценить потери при соединении оптических волокон с показателями преломления 1.5286 и 1.5038 в отсутствии воздушного зазора. Результат округлить до 10^{-4} , размерность ответа децибелы.
6. Оценить потери в многомодовом оптическом волокне при соединении волокон с различными значениями числовой апертуры: $NA_1 = 0.14568$ и $NA_2 = 0.1054$. Результат округлить до 10^{-2} , размерность ответа децибелы.
7. Оценить потери в многомодовом оптическом волокне при соединении волокон с различными значениями числовой апертуры: $NA_1 = 0.1678$ и $NA_2 = 0.1456$. Результат округлить до 10^{-3} , размерность ответа децибелы.
8. Оценить потери при соединении оптических волокон с показателями преломления 1.5184 и 1.5045 в отсутствии воздушного зазора. Результат округлить до 10^{-4} , размерность ответа децибелы.
9. Вычислить значение числовой апертуры для оптического волокна, если коэффициенты преломления сердцевины и оболочки составляют 1.5242 и 1.5228 соответственно. Полученное значение округлить до 10^{-4} .
10. Вычислить значение числовой апертуры для оптического волокна, если коэффициенты преломления сердцевины и оболочки составляют 1.5264 и 1.5193 соответственно. Полученное значение округлить до 10^{-3} .

Вопросы к экзамену:

1. Ключевые этапы развития волноводной фотоники и ее области применения.
2. Элементы на базе волноводной фотоники.
3. Особенности оптического диапазона передачи информации.
4. Распространение оптических волн в волноводах.
5. Оптическое волокно. Физика полного внутреннего отражения.
6. Дисперсионные явления в оптических световодах.
7. Моды в волноводах. Многомодовые оптические волокна.
8. Многослойные плоские волноводы и дисперсионные уравнения.
9. Полосковые волноводы.
10. Взаимодействие волноводных мод.
Планарный волновод с многослойным брэгговским зеркалом.
11. Условия возникновения и аналитическое описание волноводных мод.
12. Поверхностные затухающие брэгговские волны в многослойных диэлектрических средах.
13. Графический и численный методы решения дисперсионных уравнений.
14. Поглощение в материале волокна.
15. Рассеяние света в другие моды. Потери на изгибе.
16. Параметры оптического волокна: числовая апертура; модовый состав оптического волокна, диаметр светового пятна.
17. Оптическое согласование. Ввод и вывод излучения в тонкопленочный волновод.
18. Устройства согласования интегрально-оптических волноводов и волоконных световодов.
19. Связь между волноводами. Изучение условий ввода излучения в цилиндрический и планарный волноводы.
20. Модуляция и переключение света.
21. Акустооптические и электрооптические модуляторы. Интегрально-оптические модуляторы.
22. Ответвители, разветвители, переключатели каналов. Оптические вентили.
23. Мультиплексоры и демультиплексоры.
24. Преобразователи мод. Источники и детекторы оптического излучения.
25. Волоконно-оптические лазеры. Лазеры с распределенной обратной связью.

26. Волоконно-оптические датчики.
27. Волоконно-оптические информационно-измерительные системы.
28. Волоконные гироскопы.
29. Интегрально-оптический фотодетектор.