

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

УТВЕРЖДАЮЮ

Заведующий кафедрой  
оптики и спектроскопии

(Овчинников О.В.)

подпись, расшифровка подписи

24.06.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.02 Волноводная фотоника

*Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом*

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:

12.03.03 – Фотоника и оптоинформатика

2. Профиль подготовки/ специализация/ магистерская программа:

Фотоника и оптоинформатика

3. Квалификация (степень) выпускника:

Высшее образование (бакалавр)

4. Форма образования:

Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра оптики и спектроскопии

6. Составители программы:

Сумец Максим Петрович

кандидат физико-математических наук, доцент

7. Рекомендована: НМС физического ф-та ВГУ протокол № 6 от 23.06.2022

*(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)*

8. Учебный год: 2024/2025

Семестр(-ы): 6

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

*Целями освоения учебной дисциплины являются:* ознакомление с концептуальными основами оптики планарных световодов и физическими принципами работы элементов фотоники на их основе, а также принципами и методами управления излучением в интегрально-оптических устройствах фотоники, формирование умений, навыков и компетенций по исследованию и применению методов расчета при решении реальных задач в будущей профессиональной деятельности.

### *Задачи учебной дисциплины:*

- сформировать готовность формулировать цели и задачи научных исследований волноводной фотоники;
- сформировать знания о современных направлениях и тенденциях развития волоконной и интегральной оптики; об основах волноводной фотоники, включая законы распространения света по волноводным структурам и дисперсию волноводов; об основных методах ввода-вывода излучения в волновод и методах стыковки оптического волокна и интегрально-оптических волноводов, о механизмах потерь в волноводных структурах, об основных классах волноводов и ключевых интегрально-оптических и волоконных элементов, приборов и систем, об основных физических эффектах и явлениях, лежащих в основе работы пассивных и активных волоконных и планарных волноводных элементов, и об устройствах и принципах построения оптических элементов, устройств и систем современной фотоники на основе интегральной и волоконной оптики;
- 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, блок Б1.*

## 11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен оценивать условия и режимы эксплуатации разрабатываемой оптоэлектронной техники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов	ПК-1.1	Согласует условия и режимы эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оптоэлектронной техники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов	<b>Знать:</b> условия и режимы эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оптоэлектронной техники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. <b>Уметь:</b> согласовывать условия и режимы эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оптоэлектронной техники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. <b>Владеть:</b> навыками определения условий и режимов эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оптоэлектронной техники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
		ПК-1.4	Оформляет научно-технические отчеты о результатах разработки оптоэлектронной техники, оптических и	<b>Знать:</b> требования к результатам разработки оптоэлектронной техники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов <b>Уметь:</b> Оформляет научно-технические отчеты о результатах разработки оптоэлектронной техники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

			оптико-электронных приборов и комплексов	<b>Владеть:</b> навыками оформления научно-технических отчетов о результатах разработки оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
ПК-2	Способен к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики	ПК-2.1	Уточняет и корректирует требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора	<b>Знать:</b> требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора. <b>Уметь:</b> уточнять и корректировать требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора. <b>Владеть:</b> навыками планирования корректировки требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора.
		ПК-2.2	Согласовывает технические требования к параметрам разрабатываемого изделия и прибора, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации	<b>Знать:</b> технические требования к параметрам разрабатываемого изделия и прибора, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации. <b>Уметь:</b> согласовывать технические требования к параметрам разрабатываемого изделия и прибора, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации. <b>Владеть:</b> навыками согласования технических требований к параметрам разрабатываемого изделия и прибора, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации.
		ПК-2.3	Проводит поиск научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору	<b>Знать:</b> принципы поиска научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору. <b>Уметь:</b> проводить поиск научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору. <b>Владеть:</b> навыками поиска научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору.
		ПК-2.4	Производит анализ исходных требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора	<b>Знать:</b> исходные требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора. <b>Уметь:</b> проводить анализ исходных требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора. <b>Владеть:</b> навыками анализа исходных требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора.
ПК-5	Способен к разработке технических заданий на изготовление, сборку, юстировку и контроль оптических, оптико-электронных, механических блоков, узлов и деталей	ПК-5.1	Разрабатывает и вносит предложения по корректировке конструкторской документации	<b>Знать:</b> применяемую конструкторскую документацию. <b>Уметь:</b> разрабатывать и вносить предложения по корректировке конструкторской документации. <b>Владеть:</b> навыками составления новой конструкторской документации.
		ПК-5.2	Разрабатывает технологические процессы изготовления	<b>Знать:</b> основные современные технологические процессы изготовления оптических, оптико-электронных, механических блоков, узлов и деталей.

		оптических, оптико-электронных, механических блоков, узлов и деталей	<p><b>Уметь:</b> разрабатывать технологические процессы изготовления оптических, оптико-электронных, механических блоков, узлов и деталей.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками разработки технологических процессов изготовления оптических, оптико-электронных, механических блоков, узлов и деталей.</p>
	ПК-5.3	Анализирует состояния технологий изготовления, сборки, юстировки и контроля современных оптических и оптико-электронных приборов и комплексов	<p><b>Знать:</b> состояние технологий изготовления, сборки, юстировки и контроля современных оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать состояние технологий изготовления, сборки, юстировки и контроля современных оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками анализа состояния технологий изготовления, сборки, юстировки и контроля современных оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.</p>

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.** (в соответствии с учебным планом) — 5/180.

**Форма промежуточной аттестации:** экзамен

**13. Виды учебной работы:**

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			№ 6
Аудиторные занятия		96	96
в том числе:	лекции	32	32
	практические		
	лабораторные	64	64
Самостоятельная работа		48	48
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации экзамен		36	36
Итого:		180	180

**13.1 Содержание дисциплины:**

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Введение в волноводную фотонику	Волноводная фотоника – определение, предмет, цели, задачи и области приложения. Основные элементы волноводной фотоники.
1.2	Физика распространения электромагнитных волн в оптическом волокне и планарных оптических волноводах.	Распространение оптических волн в веществе. Фазовая и групповая скорость. Групповое время задержки. Отражение и преломление на границе двух диэлектриков. Возбуждение волоконных световодов и форма импульса. Дисперсионные явления в оптических световодах. Числовая апертура. Многомодовость оптического волокна.

1.3	Многослойные плоские волноводы.	Волноводные моды плоских волноводов. Теоретическое описание мод в трехслойном планарном волноводе. Полосковые волноводы. Векторное волновое уравнение. Способы решения. Дисперсионные уравнения многослойных плоских волноводов. Аналитическое описание волноводных мод, их ортогональность, условия фазового синхронизма на границе раздела диэлектрических сред. Характер распределения напряженностей поля при ТЕ- и ТМ-поляризации. Взаимодействие волноводных мод. Элементы теории связанных мод.
1.4	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.
1.5	Механизмы потерь в оптических волноводах.	Поглощение в материале волокна. Рассеяние света в другие моды. Потери на изгибе.
1.6	Измерение параметров элементов волноводной фотоники.	Измерение параметров оптического волокна: числовая апертура; модовый состав оптического волокна, диаметр светового пятна.
1.7	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.
1.8	Управление излучением в оптических волноводах	Взаимодействие света с веществом. Управление параметрами сред. Модуляция и переключение света. Объемные акустооптические и электрооптические модуляторы. Интегрально-оптические модуляторы Ответвители, разветвители, переключатели каналов. Оптические вентили. Мультиплексоры и демультиплексоры
1.9	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.
<b>3. Лабораторные работы</b>		
2.1	Механизмы потерь в оптических волноводах.	Лабораторная работа № 1 «Механизмы потерь в оптических волноводах».
2.2	Измерение параметров элементов волноводной фотоники.	Лабораторная работа № 2 «Измерение параметров элементов волноводной фотоники».
2.3	Устройства согласования в волноводной фотонике.	Лабораторная работа № 3 «Устройства согласования в волноводной фотонике».

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п /п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)					Всего
		Лекции	Практически	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	
1.	Введение в волноводную фотонику	1				4	5
2.	Физика распространения электромагнитных волн в оптическом волокне и планарных оптических волноводах.	6			6	4	16
3.	Многослойные плоские волноводы.	5			6	4	15
4.	Брэгговский планарный волновод.	4			6	4	14
5.	Механизмы потерь в оптических волноводах.	3		14	6	4	27

6.	Измерение параметров элементов волноводной фотоники.	4	20	6	4	34
7.	Устройства согласования в волноводной фотонике.	3	30	6	4	43
8.	Управление излучением в оптических волноводах	3		6	4	13
9.	Компоненты волноводной фотоники.	3		6	4	13
	Итого	32	64	48	36	180

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

- Работа с текстом конспекта лекции.
- Самостоятельное изучение материала по литературным источникам.
- Чтение основной и дополнительной литературы.
- Подготовка к лабораторным занятиям, подготовка отчетов

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Игнатов, А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон.дан. — СПб. : Лань, 2011. — 539 с. — Режим доступа: <a href="http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=684">http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=684</a>
2.	Салех, Б.Е.А. Оптика и фотоника. Принципы и применения: [учебное пособие] : [в 2 т.] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В.Л. Деброва. — Долгопрудный : Изд. Дом "Интеллект" — 2012. — 759 с. (14экземпляров)
3.	Ландсберг, Г.С. Оптика : учебное пособие / Г.С. Ландсберг. - 6-е изд., стереот. - М. :Физматлит, 2010. - 848 с. - ISBN 978-5-9221-0314-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="https://biblioclub.lib.vsu.ru/index.php?page=book&amp;id=82969">https://biblioclub.lib.vsu.ru/index.php?page=book&amp;id=82969</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4.	Костылев, Владимир Иванович. 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: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/may07100.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/may07100.pdf</a> >.
5.	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: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=234772">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=234772</a>
6.	Митрохин, В.Е. Измерения в волоконно-оптических системах передачи. [Электронный ресурс] — Электрон.дан. — М. : УМЦ ЖДТ, 2007. — 197 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/59902">http://e.lanbook.com/book/59902</a>
7.	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: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=208584">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=208584</a>
8.	Семенов, А.Б. Волоконно-оптические подсистемы современных СКС. [Электронный ресурс] — Электрон.дан. — М. : ДМК Пресс, 2009. — 632 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/1144">http://e.lanbook.com/book/1144</a>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Ресурсы Интернет
9.	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" – <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
10.	Электронно-библиотечная система "Консультант студента" – <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>
11.	Электронно-библиотечная система "Лань" – <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
12.	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" – <a href="http://rucont.ru">http://rucont.ru</a>
13.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – Зональная научная библиотека ВГУ

#### 16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Учебно-методические указания к лабораторным занятиям дисциплины "Волноводная фотоника"
2	Электронный учебный курс " Волноводная фотоника ".

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

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекционные и практические занятия. 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., разработка презентаций, сообщений и докладов, 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 целей занятия и ответы на вопросы студентов. 2. Ознакомление с теоретической основой работы, основными приемами и техникой безопасности при работе с используемыми приборами и реактивами. 3. Выполнение экспериментальной части работы. 4. Обработка экспериментальных результатов и предоставление их для предварительной проверки преподавателю.

Защита лабораторной работы проводится с целью выявления уровня освоения материала по тематике работы, способности дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы. Защита работы заключается в оформлении работ, устной беседе преподавателя со студентом по полученным в работе результатам и основным теоретическим понятиям по теме работы.

Текущий контроль проводится путем проверки выполнения домашнего задания, входного контроля (в виде самостоятельных и контрольных работ, докладов и рефератов).

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, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, оснащенная: ноутбуком Asus, с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ, проектором BenQ MS 612ST, доска магнитно-маркерная 100\*200.

Учебно-научная аудитория, оснащенная оборудованием для проведения лабораторных занятий: лазер с гауссовым резонатором LS-2132UTF, Лазерный Модуль/блок питания поворотного крепления Лазерный модуль LM-650180 (блок питания), Полупроводниковый лазер с внешним резонатором с возможностью непрерывной перестройки частоты. Модуль ФЭУ в составе: ФЭУ РМС-100-20 с контроллером управления DCC-100, преобразователь Becker&Hickl; детектор для ИК области InGaAs; KitKIT-IF-25C, преобразователь MicroPhotonDevices; Импульсный источник излучения; PICOPOWERLD 375, преобразователь Alphas; МУК-ОВ (Волновая оптика).

Программное обеспечение: ОС Windows (WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc), Microsoft Office (OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc). Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ». Office Standard 2019 Single OLV NL Each AcademicEdition Additional Product. Программный комплекс для ЭВМ - MathWorks. Система инженерного моделирования ANSYS HF Academic Research.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (<https://edu.vsu.ru>).

## 19. Фонд оценочных средств:

### 19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-1.1. Согласует условия и режимы эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов	<p><b>Знать:</b> условия и режимы эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.</p> <p><b>Уметь:</b> согласовывать условия и режимы эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками определения условий и режимов эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов</p>	<p>Этапы 1-9:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Введение в волноводную фотонику</li> <li>- Физика распространения электромагнитных волн в оптическом волокне и планарных оптических волноводах.</li> <li>- Многослойные плоские волноводы.</li> <li>- Брэгговский планарный волновод.</li> </ul>	<p>Устный опрос. Отчеты по лабораторным работам. Защита реферата.</p>
ПК-1.4. Оформляет научно-технические отчеты о результатах разработки оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов	<p><b>Знать:</b> требования к результатам разработки оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов</p> <p><b>Уметь:</b> Оформляет научно-технические отчеты о результатах разработки оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов</p> <p><b>Владеть:</b> навыками оформления научно-технических отчетов о результатах разработки оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Механизмы потерь в оптических волноводах.</li> <li>- Измерение параметров элементов волноводной фотоники.</li> <li>- Устройства согласования в волноводной фотонике.</li> <li>- Управление излучением в оптических волноводах</li> </ul>	
ПК-2.1. Уточняет и корректирует требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора	<p><b>Знать:</b> требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора.</p> <p><b>Уметь:</b> уточнять и корректировать требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками планирования корректировки требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Компоненты волноводной фотоники.</li> </ul>	
ПК-2.2. Согласовывает технические требования к параметрам разрабатываемого изделия и прибора, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации	<p><b>Знать:</b> технические требования к параметрам разрабатываемого изделия и прибора, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации.</p> <p><b>Уметь:</b> согласовывать технические требования к параметрам разрабатываемого изделия и прибора, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками согласования технических требований к параметрам разрабатываемого изделия и прибора, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации.</p>		
ПК-2.3. Проводит	<p><b>Знать:</b> принципы поиска научно-</p>		



поиск научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору	<p>технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору.</p> <p><b>Уметь:</b> проводить поиск научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками поиска научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору.</p>		
ПК-2.4. Производит анализ исходных требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора	<p><b>Знать:</b> исходные требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора.</p> <p><b>Уметь:</b> проводить анализ исходных требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками анализа исходных требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора.</p>		
ПК-5.1. Разрабатывает и вносит предложения по корректировке конструкторской документации	<p><b>Знать:</b> применяемую конструкторскую документацию.</p> <p><b>Уметь:</b> разрабатывать и вносить предложения по корректировке конструкторской документации.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками составления новой конструкторской документации.</p>		
ПК-5.2. Разрабатывает технологические процессы изготовления оптических, оптико-электронных, механических блоков, узлов и деталей	<p><b>Знать:</b> основные современные технологические процессы изготовления оптических, оптико-электронных, механических блоков, узлов и деталей.</p> <p><b>Уметь:</b> разрабатывать технологические процессы изготовления оптических, оптико-электронных, механических блоков, узлов и деталей.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками разработки технологических процессов изготовления оптических, оптико-электронных, механических блоков, узлов и деталей.</p>		
ПК-5.3. Анализирует состояния технологий изготовления, сборки, юстировки и контроля современных оптических и оптико-электронных приборов и комплексов	<p><b>Знать:</b> состояние технологий изготовления, сборки, юстировки и контроля современных оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать состояние технологий изготовления, сборки, юстировки и контроля современных оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками анализа состояния технологий изготовления, сборки, юстировки и контроля современных оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.</p>		
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен			КИМ

## 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение описывать основные характеристики оптического волокна и планарных оптических волноводов;
- 4) владение знаниями о теоретических основах и современных методах волноводной фотоники.

#### Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Посещение лекционных и лабораторных занятий. Выполнение всех заданий. Ответы на вопросы контрольно-измерительного материала во время экзамена. Ответы на дополнительные вопросы. Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом, теоретическими и практическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Посещение лекционных и лабораторных занятий. Выполнение всех заданий с незначительными замечаниями. Ответы 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.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Пропуски лекционных и лабораторных занятий. Выполнение заданий с существенными замечаниями. Ответы на вопросы контрольно-измерительного материала не соответствуют любым двум(трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Имеет не полное представление о теоретических и практических основах дисциплины, допускает существенные ошибки.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Пропуски большинства лекционных и лабораторных занятий, не выполнение заданий. Ответы на вопросы контрольно-измерительного материала не соответствуют любым трем (четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i>	<i>–</i>	<i>Неудовлетворительно</i>

### 19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### 19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

1. Распространение оптических волн в веществе Фазовая и групповая скорость. Групповое время задержки.
2. Планарный волновод с многослойным брэгговским зеркалом. Условия возникновения и аналитическое описание волноводных мод.
3. Возбуждение волоконных световодов и форма импульса.
4. Поверхностные затухающие брэгговские волны в многослойных диэлектрических средах. Брэгговские зеркала.
5. Дисперсионные явления в оптических световодах. Числовая апертура. Многомодовость оптического волокна.
6. Поглощение в материале волокна. Рассеяние света в другие моды. Потери на изгибе.

7. Волноводные моды плоских волноводов. Теоретическое описание мод в трехслойном планарном волноводе.
8. Измерение параметров оптического волокна: числовая апертура.
9. Модовый состав оптического волокна,
10. Диаметр светового пятна.
11. Полосковые волноводы. Векторное волновое уравнение. Способы решения. Дисперсионные уравнения многослойных плоских волноводов.
12. Оптическое согласование. Ввод и вывод излучения в тонкопленочный волновод.
13. Аналитическое описание волоноводных мод, их ортогональность, условия фазового синхронизма на границе раздела диэлектрических сред.
14. Модуляция и переключение света.
15. Объемные акустооптические и электрооптические модуляторы.
16. Интегрально-оптические модуляторы.

### 19.3.6 Темы рефератов

1. Лазеры с распределенной обратной связью
2. Акустооптический волноводный модулятор
3. Электрооптический волноводный модулятор.
4. Интегрально-оптические модуляторы на основе интерферометра Маха-Цандера.
5. Оптические вентили. Мультиплексоры и демультиплексоры.
6. Электрически управляемый интегрально-оптический фильтр
7. Оптические спектральные фильтры.
8. Волноводные модуляторы на основе п/п соединений.
9. Ответвители, разветвители, переключатели.

### 19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); тестирования; оценки результатов практической деятельности. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используется качественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены выше.

Программа рекомендована \_\_\_\_\_ НМС физического факультета ВГУ \_\_\_\_\_

(наименование факультета, структурного подразделения)

протокол № 6 от 23.06.2022 г.