

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт прикладной математики, физики и информатики

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

_____ К.С. Хорьков

_____ 30 _____ 08 _____ 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Микрооптика и фотоника

направление подготовки / специальность

_____ 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии
(код и наименование направления подготовки (специальности))

направленность (профиль) подготовки

_____ Лазерные и квантовые технологии
(направленность (профиль) подготовки)

г. Владимир

2021

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Микрооптика и фотоника» формирование знаний в области базовых принципов функционирования и конструирования оптических элементов и устройств, реализуемых на микроуровне.

Задачи:

- изучение основных эффектов, процессов и явлений, определяющих функционирование элементов и устройств на микроуровне в оптическом диапазоне;
- изучение методов анализа и расчета элементов и систем микрооптики и фотоники;
- получение знаний о последних достижениях в области микрооптики и фотоники, формирование у студентов научного мышления и современной естественнонаучной картины мира;
- ознакомление студентов с современной научной аппаратурой и выработка у них начальных навыков проведения экспериментальных научных исследований различных физических явлений и оценки погрешностей измерений

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Микрооптика и фотоника» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-1. Способен анализировать задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптоэлектронных приборов и систем	<p>ПК-1.1. Знает принципы генерации излучения лазерами, элементную базу лазерной техники, основные типы и характеристики оптических систем лазерных оптоэлектронных приборов и оборудования, принципы конструирования лазерных оптоэлектронных приборов, их узлов и элементов, опасные и вредные эксплуатационные факторы, их предельно-допустимые уровни воздействия на человека, технику и окружающую среду при эксплуатации лазерных систем и технологий;</p> <p>ПК-1.2. Умеет определять параметры и характеристики элементов лазерных систем и технологий для заданных условий и режимов эксплуатации, анализировать взаимодействие лазерного излучения с материалами и средами, применять информационные ресурсы и технологии, представлять информацию в систематизированном виде, работать с научно-технической литературой и информацией;</p> <p>ПК-1.3. Владеет навыками работы со средствами компьютерного проектирования, используемыми при конструировании узлов и блоков лазерных комплексов, навыками проектирования типовых систем,</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные физические и математические законы, модели физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов микрооптики и фотоники. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы компьютерного моделирования объектов микрооптики и фотоники. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • математическим аппаратом и методами компьютерных технологий для моделирования объектов микрооптики и фотоники. 	<p>Отчёты по лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.</p>

	приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем.		
ПК-3. Способен рассчитывать, проектировать и конструировать типовые системы, приборы, узлы и детали лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем	<p>ПК-3.1. Знает принципы конструирования лазерных оптико-электронных приборов, их узлов и элементов, элементную базу, используемую в изделиях лазерной техники.</p> <p>ПК-3.2. Умеет выбирать метод(ы) расчёта при разработке лазерных приборов и систем, рассчитывать параметры и характеристики оптического узла лазерных приборов и систем, конструировать типовые детали и узлы лазерной техники, подбирать по заданным параметрам и характеристикам элементную базу лазерных приборов и систем.</p> <p>ПК-3.3. Владеет прикладными программами расчёта лазерных оптико-электронных приборов, компьютерными технологиями расчёта и конструирования лазерных оптико-электронных приборов;</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные типы и характеристики оптических микроэлементов и устройств, оборудования и технологий фотоники; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • выбирать метод(ы) расчёта при разработке элементов микрооптики и фотоники; • рассчитывать параметры и характеристики оптических микроэлементов; • подбирать по заданным параметрам и характеристикам элементную базу лазерных приборов и систем; • представлять и оформлять результаты проектно-конструкторской деятельности при разработке лазерных приборов, систем и технологий. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • прикладными программами расчёта оптических микроэлементов и устройств. 	<p>Отчёты по лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.</p>
ПК-4. Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы в области лазерных и квантовых технологий	<p>ПК-4.1. Знает методы и средства планирования и организации исследований и разработок в области лазерных и квантовых технологий, методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации.</p> <p>ПК-4.2. Умеет находить аналитические решения задач квантовой теории, применять нормативную документацию, связанную с проведением научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, применять методы проведения экспериментов.</p> <p>ПК-4.3. Владеет методами организации и проведения измерений и исследований в области лазерных и квантовых технологий, включая планирование, разработку, организацию и проведение исследований, навыками применения математического аппарата для решения типовых задач квантовой</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства наноматериалов и микрокомпонентов фотоники. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • осуществлять диагностику неполадок и частичный ремонт измерительного, диагностического, технологического оборудования; • оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами организации и проведения 	<p>Отчёты по лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.</p>

	механики, составления отчётов (разделов отчётов) по теме или по результатам проведённых экспериментов.	измерений и исследований в области микрооптики и фотоники.	
--	--	--	--

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Твердотельные источники и приемники излучения.	8	1-3	6	3	6	6	9	рейтинг-контроль №1
2	Оптические волноводы. Фотонные кристаллы и голография	8	4-7	6	3	6	6	9	рейтинг-контроль №2
3	Оптические микроэлементы и устройства	8	8-9	6	3	6	6	9	рейтинг-контроль №3
Всего за 8 семестр:		–	–	18	9	18	18	27	экзамен, 36
Наличие в дисциплине КП/КР		–	–	–	–	–	–	–	–
Итого по дисциплине		–	–	18	9	18	18	27	экзамен, 36

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Твердотельные источники и приемники излучения.

1) Излучение и вещество. Квантовые размерные эффекты. Способы управления оптическим излучением.

2) Источники излучения. Источники некогерентного излучения. Твердотельные лазеры.

3) Твердотельные приемники излучения. Оптические резонаторы, добротность. Моды лазерного резонатора. Фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, фотоумножители. ПЗС линейки и матрицы, микроканальные пластины.

Раздел 2. Оптические волноводы. Фотонные кристаллы и голография.

1) Оптические волноводы. Объемные и планарные оптические волноводы. Волноводные структуры в объемных образцах.

2) Фотонные и поляритонные кристаллы. Структура, свойства.

3) Способы голографической записи. Объемная голография и фоточувствительные материалы для голографии. Голограммные и дифракционные оптические элементы. Голографическая интерферометрия, голографическая память, оптико-голографическая обработка информации.

Раздел 3. Оптические микроэлементы и устройства.

1) Основные компоненты интегрально-оптических схем. Элементы и блоки элементов. Принципы работы.

2) Микрооптические элементы и их функционал.

3) Микрооптомеханические схемы.

Содержание практических занятий по дисциплине

Раздел 1. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Твердотельные источники и приемники излучения.

1) Расчет концентрации частиц коллоидного раствора.

2) Расчет параметров оптических схем.

Раздел 2. Оптические волноводы. Фотонные кристаллы и голография.

1) Изучение технологии сварки оптических волокон. Расчет потерь соединения волокна.

2) Обзор способов и методов голографической записи.

Раздел 3. Оптические микроэлементы и устройства.

1) Исследование параметров лазерных диодов на основе гетероструктур.

2) Расчет параметров лазерного излучения для формирования тонкопленочных элементов.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Раздел 1. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом.

Твердотельные источники и приемники излучения.

1) Исследование коллоидных растворов, допированных наночастицами благородных металлов.

2) Содержание практических/лабораторных занятий. Построение оптических схем в программе Zemax. Оптимизация оптических схем.

Раздел 2. Оптические волноводы. Фотонные кристаллы и голография.

1) Модификация показателя преломления в прозрачных материалах фемтосекундным лазерным излучением.

2) Изучение технологии сварки оптических волокон. Соединение оптического волокна.

Раздел 3. Оптические микроэлементы и устройства.

1) Исследование структуры лазерных диодов.

2) Формирование топологических поверхностных структур.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Текущий контроль успеваемости

Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №1

1) Оптические константы, световые лучи.

2) Отражение и преломление света на границе раздела двух сред, явление полного внутреннего отражения, прохождение света через поглощающие среды.

3) Электромагнитные волны, уравнение Максвелла и граничные условия.

4) Интерференция и дифракция света, комплексный показатель преломления, показатель поглощения.

5) Фазовая и групповая скорость света, дисперсия, соотношение Крамерса-Кронига.

6) Поляризация плоских волн, распространение света в изотропных и анизотропных средах, двойное лучепреломление.

7) Оптическая активность и фарадеевское вращение.

8) Квантовые переходы при взаимодействии с электромагнитным излучением.

9) Спонтанное и вынужденное излучение, коэффициенты Эйнштейна.

10) Кинетические уравнения, усиление и генерация оптического излучения.

11) Монохроматичность, поляризация, когерентность, направленность лазерных пучков.

12) Пространственное, амплитудное, поляризационное, частотное, временное и фазовое преобразование лазерных пучков.

13) Нелинейные явления второго порядка, электромагнитная формулировка нелинейного взаимодействия.

14) Нелинейная поляризуемость кристалла и нелинейные оптические эффекты.

15) Генерация гармоник.

16) Условие фазового синхронизма.

- 17) Параметрические преобразования в оптике, настройка частоты в параметрических генераторах.
- 18) Модуляторы на основе оптической нелинейности.
- 19) Нелинейная оптика и молекулярное рассеяние света.
- 20) Зеркальное отражение, микрошероховатость поверхности и геометрические неоднородности
- 21) Многослойные низкоразмерные композиции.
- 22) Квантовые ограничения. Размерные эффекты.
- 23) Методы получения наночастиц и наноматериалов.
- 24) Квантовые точки, квантовая проволока, нанослой.
- 25) Периодические квантово-размерные гетероструктуры.
- 26) Электронный спектр двумерных и одномерных систем.
- 27) Оптические переходы в квантово-размерных структурах.
- 28) Электрооптические методы управления оптическим излучением.
- 29) Акустооптические методы управления оптическим излучением.
- 30) Магнитооптические методы управления оптическим излучением.

Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №2

- 1) Инжекционные источники света на основе гомо- и гетеропереходов.
- 2) Излучатели с преобразователем спектрального состава излучения.
- 3) Инфракрасные излучатели.
- 4) Лазеры на кристаллах и стеклах.
- 5) Основные способы получения лазерной керамики.
- 6) Оптические резонаторы, добротность.
- 7) Моды лазерного резонатора.
- 8) Лазеры с селекцией мод, перестраиваемые и частотно-модулированные лазеры.
- 9) Инжекционные лазеры на гетеропереходах.
- 10) Фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, фотоумножители.
- 11) Спектральные, энергетические, частотные характеристики.
- 12) ПЗС линейки и матрицы, микроканальные пластины.
- 13) Основные понятия теории волноводов. Полное внутреннее отражение. Потери и усиление оптических сигналов.
- 14) Объемные и планарные оптические волноводы.
- 15) Распределение мощности, соотношения для лучевого и волнового приближений.
- 16) Нелинейно-оптические эффекты в брэгговских волноводах.
- 17) Механизмы возникновения потерь в оптических волноводах.
- 18) Элементы теории оптических антенн.
- 19) Соединение и сращивание оптических волокон.
- 20) Оптические мультиплексоры и демultipлексоры.

Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №3

- 1) Фотонные кристаллы и метаматериалы. Понятие запрещенной зоны.
- 2) Распространение света в фотонных материалах с запрещенной зоной.
- 3) Моделирование оптических эффектов в фотонных кристаллах.
- 4) Способы получения реальных фотонных кристаллов.
- 5) Отрицательные показатели преломления. Метаматериалы и гиперболические материалы.
- 6) Метаповерхности. Аномальное преломление и отражение.
- 7) Коллоидные растворы.
- 8) Основы локально усиленной оптической микроскопии и спектроскопии.
- 9) Формирование изображений и отображение информации с помощью голограммной оптики и голографических систем.
- 10) Объемная голография и фоточувствительные материалы для голографии

- 11) Голограммные и дифракционные оптические элементы
- 12) Голографическая интерферометрия, голографическая память, оптико-голографическая обработка информации
- 13) Способы диагностики нано- и микроустройств.
- 14) Устройства и способы ввода и вывода излучения.
- 15) Оптические распределительные и комутационные устройства, направленные ответвители, переключатели.
- 16) Оптические спектральные фильтры, интерференционные покрытия.
- 17) Управляемые зеркала и дифракционные решетки.
- 18) Линзы Френеля, фокусирующие компоненты интегральной оптики.
- 19) Оптомеханические ключи.
- 20) Механические сканирующие микрзеркала, линзы, модуляторы и дифракционные решетки.

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (экзамен).

Примерный перечень вопросов к экзамену

- 1) Квантово-размерные эффекты.
- 2) Основные положения геометрической оптики.
- 3) Классические размерные эффекты.
- 4) Основные положения волновой оптики.
- 5) Источники некогерентного излучения.
- 6) Основные положения квантовой оптики
- 7) Твердотельные лазеры.
- 8) Основные положения нелинейной оптики.
- 9) Формирование волноводных структур в прозрачных средах.
- 10) Твердотельные приемники излучения.
- 11) Объемные и планарные оптические волноводы.
- 12) Методы управления оптическим излучением.
- 13) Основные компоненты интегрально-оптических схем.
- 14) Фотонные кристаллы. Распространение света в фотонных материалах.
- 15) Физические особенности работы гетероструктур.
- 16) Микрооптомеханические схемы.
- 17) Объемная голография и фоточувствительные материалы для голографии.
- 18) Способы получения лазерной нанокерамики.
- 19) Основные понятия теории волноводов.
- 20) Метаматериалы и гиперболические материалы.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Микрооптика и фотоника» включает в себя следующие виды деятельности:

- 1) Аудиторная самостоятельная работа студента по дисциплине выполняется на лабораторных и практических занятиях при решении задач.
- 2) Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом при углубленном изучении дисциплины по теме пройденной лекции, при подготовке к лабораторным работам и практическим занятиям. Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, рекомендованной литературы.

Основным источником информации для выполнения самостоятельной работы являются справочные подсистемы и официальные сайты программных пакетов, изучаемых в рамках дисциплины. В ходе самостоятельной работы студенты должны познакомиться с содержанием соответствующих ресурсов, имеющих отношение к рассматриваемым на лекциях вопросам, к заданиям лабораторных работ и к вопросам для самостоятельной работы. При этом

рекомендуется самостоятельно проанализировать и частично реализовать примеры, данные в справочных материалах.

Самостоятельная работа завершает задачи всех других видов учебного процесса и может осуществляться на лекциях, семинарах, практических занятиях, лабораторных занятиях, консультациях. Как форма организации учебного процесса самостоятельная работа студентов представляет собой целенаправленную систематическую деятельность по приобретению знаний, осуществляемую вне аудитории.

Контроль выполнения самостоятельной работы осуществляется в ходе выполнения и защиты лабораторных работ по дисциплине, при выполнении практических заданий, на экзамене.

Вопросы для самостоятельной работы студентов

- 1) Особенности взаимодействия электромагнитных волн с микрообъектами.
- 2) Уравнения для расчёта фотонных кристаллов.
- 3) Выбор материалов оптических компонентов лазерных систем.
- 4) Технологический процесс изготовления активных элементов лазерных систем.
- 5) Методы оценки параметров лазерных устройств.
- 6) Микро и нанолазеры.
- 7) Механизмы формирования эпитаксиальных пленок.
- 8) Технология пробоподготовки материалов.
- 9) Эффект Доплера, сдвиг и уширение линий.
- 10) Эффекты Физо и Саньяка.
- 11) Волоконно-оптические гироскопы.
- 12) Методы фазовой коррекции волнового фронта.
- 13) Особенности гиперболических материалов.
- 14) Технологии в области защитных голограмм.
- 15) Голографическая память.
- 16) Оптические системы искусственного интеллекта.
- 17) Сверхскоростные способы передачи и обработки информации.
- 18) Системы на основе наноразмерных и фотонно-кристаллических структур.
- 19) Системы оптических и квантовых вычислений и оптические компьютеры.
- 20) Интеграция механических, оптических и электронных компонентов на микроуровне.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература		
1. Введение в фемтонанопотонику: фундаментальные основы и лазерные методы управляемого получения и диагностики наноструктурированных материалов: учебное пособие / С. М. Аракелян, А. О. Кучерик, В. Г. Прокощев [и др.]; под общ. ред. С. М. Аракеляна. - Москва: Логос, 2020. - 744 с. - ISBN 978-5-98704-812-2	2020	https://znanium.com/catalog/product/1211606
2. Земляков, В. В. Волноводные селективные устройства: монография / В. В. Земляков, Г. Ф. Заргано; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2019. - 310 с. - ISBN 978-5-9275-32-00-1	2019	https://znanium.com/catalog/product/1088165
3. Цуканов, В.Н. Волоконно-оптическая техника: практическое	2019	https://znanium.com/catalog/

руководство / В.Н. Цуканов, М.Я. Яковлев. - 4-е изд., испр. и доп. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. - 300 с. - ISBN 978-5-9729-0367-2		product/1053385
4. Оптическое материаловедение. Материалы и оптические элементы в фотонике: учебное пособие / А. Г. Глущенко, Е. П. Глущенко, Г. Н. Гончарова, С. В. Жуков. — Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 241 с.	2017	https://www.iprbookshop.ru/75385
Дополнительная литература		
1. Архипкин, В. Г. Метаматериалы и структурно организованные среды для оптоэлектроники, СВЧ-техники и нанофотоники: монография / В. Г. Архипкин, В. Ф. Шабанов, В. Я. Зырянов. - Новосибирск: СО РАН, 2013. - 368 с. - ISBN 978-5-7692-1310-6	2013	https://znanium.com/catalog/product/925159
2. Берикашвили, В. Ш. Когерентная оптика и оптическая обработка информации: учебное пособие / В. Ш. Берикашвили. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 306 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-014695-9	2020	https://znanium.com/catalog/product/999893
3. Фотонные кристаллы и нанокompозиты: структурообразование, оптические и диэлектрические свойства: Монография / Шабанов В.Ф., Зырянов В.Я. - Новосибирск: СО РАН, 2009. - 257 с. ISBN 978-5-7692-1096-9	2009	https://znanium.com/catalog/product/924739

6.2. Периодические издания

1. Журнал «Квантовая электроника». ISSN:1063-7818. Архив номеров. Режим доступа: <http://www.mathnet.ru/qe/archive>.
2. Журнал «Фотоника», ISSN: 1993-7296. Архив номеров. Режим доступа: <http://www.photonics.su>.
3. Журнал «Прикладная фотоника», ISSN:2411-4375. Архив номеров. Режим доступа: <http://applied.photonics.pstu.ru/archives>.
4. Журнал «Наносистемы: физика, химия, математика». ISSN: 2305-7971. Архив номеров. Режим доступа: <http://nanojournal.ifmo.ru/articles>.

6.3. Интернет-ресурсы

1. Раздел «Новости фотоники» на сайте Лазерной ассоциации // Режим доступа: <http://www.cislaser.com>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий. Лекционные аудитории оснащены доской (для мела или маркера), экраном для проекционных систем, проектором, ноутбуком.

Практические и лабораторные работы проводятся в научных и учебных лабораториях 104-3, 106-3, 107-3, 123-3, 118-4, где размещены: волоконный лазер непрерывного излучения, миллисекундная лазерная установка, комплекс лазерной гравировки, лазерный проекционный микроскоп, фемтосекундные лазерные системы, сварщик оптических волокон, оптомеханические устройства и др.

Аудитории для проведения занятий оснащены современными персональными компьютерами, объединенными в локальную вычислительную сеть и укомплектованы необходимым системным и прикладным программным обеспечением.

Рабочую программу составил дир. ИПМФИ Хорьков К.С.

(ФИО, должность, подпись)

Рецензент

Генеральный директор ООО «ВладИнТех»

 А.В. Осипов
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол №1 от 30.08.2021 года

Заведующий кафедрой _____

(ФИО, подпись)

С.М. Аракелян

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
на заседании учебно-методической комиссии направления 12.03.05

Протокол №1 от 30.08.2021 года

Председатель комиссии _____

(ФИО, должность, подпись)

С.М. Аракелян

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2021 года

Заведующий кафедрой _____

С.М. Аракелян

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____