

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

2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ПРИКЛАДНАЯ ОПТИКА»**

направление подготовки / специальность

12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

направленность (профиль) подготовки

Лазерные и квантовые технологии

г. Владимир

2021

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Прикладная оптика» являются

- 1) Получение представления об основных законах распространения света и формирования изображений.
- 2) Формирование знаний об элементной базе оптических систем; об основных характеристиках, типах и моделях оптических систем; об основных принципах построения и функционирования базовых типов оптических систем.
- 3) Приобретение практических навыков начального синтеза, габаритного расчета, исходного выбора оптических схем и применения типовых методов компьютерного анализа и оптимизации оптических систем различных классов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Прикладная оптика» относится к обязательным дисциплинам блока Б1 Дисциплины (модули) 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	
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации. УК-1.2. Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности. УК-1.3. Владеет навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками; методами принятия решений.	Знает: <ul style="list-style-type: none"> • принципы сбора, отбора и обобщения информации. Умеет: <ul style="list-style-type: none"> • соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности; • формулировать альтернативные подходы к решению задач в рамках выбранных видов профессиональной деятельности, в том числе на основе обобщения законов и методов различных наук, результатов из информационных источников. Владеет: <ul style="list-style-type: none"> • навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками; • методами принятия решений. 	Отчёты по лабораторным работам. Контрольные вопросы к лабораторным работам. Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации. Отчет по выполнению курсовой работы
УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)	УК-4.1. Знает литературную форму государственного языка, основы устной и письменной коммуникации на иностранном языке, функциональные стили родного языка, требования к деловой коммуникации. УК-4.2. Умеет выражать свои мысли на государственном, родном и иностранном языке в ситуации деловой коммуникации. УК-4.3. Владеет навыками составления текстов на	Знает: <ul style="list-style-type: none"> • литературную форму государственного языка; • функциональные стили родного языка. Умеет: <ul style="list-style-type: none"> • выражать свои мысли на государственном, родном языке. Владеет: <ul style="list-style-type: none"> • навыками составления текстов на государственном, родном языке; 	Отчёты по лабораторным работам. Контрольные вопросы к лабораторным работам. Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации. Отчет по выполнению курсовой работы

	государственном и родном языках, опыт перевода текстов с иностранного языка на родной, опыт общения на государственном и иностранном языках.	<ul style="list-style-type: none"> • навыками общения на государственном, родном языке. 	
УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	<p>УК-6.1. Знает основные принципы самовоспитания и самообразования, исходя из требований рынка труда.</p> <p>УК-6.2. Умеет эффективно планировать и контролировать собственное время; использовать методы саморегуляции, саморазвития, самообучения.</p> <p>УК-6.3. Владеет способами управления своей познавательной деятельностью и удовлетворения образовательных интересов и потребностей.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные принципы самовоспитания и самообразования. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • эффективно планировать и контролировать собственное время; • использовать методы саморегуляции, саморазвития, самообучения. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • способами управления своей познавательной деятельностью и удовлетворения образовательных интересов и потребностей. 	<p>Отчёты по лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.</p> <p>Отчет по выполнению курсовой работы</p>
ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники	<p>ОПК-1.1. Знает основные законы естественных наук, методы математического анализа и моделирования, основные законы и методы общинженерных дисциплин, основные принципы разработки и производства элементов и устройств лазерной техники, основную номенклатуру лазерной техники, особенности ее конструкции, технологии производства, а также условия и методы их эксплуатации.</p> <p>ОПК-1.2. Умеет применять естественнонаучные и инженерные знания для проектирования, конструирования и производства лазерной техники.</p> <p>ОПК-1.3. Владеет методами расчетов и проектирования, а также компьютерными системами, используемыми при моделировании и проектировании лазерных установок, комплексов, систем и лазерных технологий.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные законы естественных наук; • основные принципы разработки и производства элементов и устройств лазерной техники, лазерных технологических установок, а также оптических материалов и элементов; • основную номенклатуру лазерной техники, особенности ее конструкции, технологии производства, а также условия и методы их эксплуатации. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • применять естественнонаучные и инженерные знания для проектирования, конструирования и производства лазерной техники. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами расчетов и проектирования лазерных установок, комплексов, систем и лазерных технологий. 	<p>Отчёты по лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.</p> <p>Отчет по выполнению курсовой работы</p>
ПК-1. Способен анализировать задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем	<p>ПК-1.1. Знает принципы генерации излучения лазерами, элементную базу лазерной техники, основные типы и характеристики оптических систем лазерных оптико-электронных приборов и оборудования, принципы конструирования лазерных оптико-электронных приборов, их узлов и элементов, опасные и вредные эксплуатационные факторы, их предельно-допустимые уровни воздействия на человека, технику и окружающую среду при</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные типы и характеристики оптических систем лазерных оптико-электронных приборов и оборудования; • принципы конструирования лазерных оптико-электронных приборов, их узлов и элементов. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • определять параметры и характеристики элементов лазерных систем и технологий для заданных условий и режимов 	<p>Отчёты по лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.</p> <p>Отчет по выполнению курсовой работы</p>

	<p>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, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных опτικο-электронных приборов и систем.</p>	<p>эксплуатации;</p> <ul style="list-style-type: none"> представлять информацию в систематизированном виде. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> навыками проектирования типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных опτικο-электронных приборов и систем. 	
<p>ПК-2. Способен участвовать в разработке технических требований и заданий на проектирование типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных опτικο-электронных приборов и систем</p>	<p>ПК-2.1. Знает основные области применения лазерной техники и лазерных технологий, состав и принципы конструирования лазерных приборов и систем, оптические материалы и технологии.</p> <p>ПК-2.2. Умеет анализировать, формулировать и обосновывать технические требования, предъявляемые к разрабатываемым оптическим узлам и элементам лазерных приборов и систем, обосновывать предлагаемые технические решения, применять информационные ресурсы и технологии;</p> <p>ПК-2.3. Владеет навыками проектирования типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных опτικο-электронных приборов и систем;</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> принципы построения и состав лазерных приборов и систем; принципы конструирования лазерных опτικο-электронных приборов, их узлов и элементов; оптические материалы и технологии. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> определять, формулировать и обосновывать требования к разрабатываемым узлам и элементам лазерных приборов и систем; обосновывать предлагаемые технические решения при проектировании узлов и элементов лазерных приборов и систем. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> навыками проектирования типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных опτικο-электронных приборов и систем. 	<p>Отчёты по лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.</p> <p>Отчет по выполнению курсовой работы</p>
<p>ПК-3. Способен рассчитывать, проектировать и конструировать типовые системы, приборы, узлы и детали лазерной техники, лазерных опτικο-электронных приборов и систем</p>	<p>ПК-3.1. Знает принципы конструирования лазерных опτικο-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</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> основные типы и характеристики оптических систем лазерных опτικο-электронных приборов, оборудования и технологий; принципы конструирования лазерных опτικο-электронных приборов, их узлов и элементов; элементную базу, используемую в изделиях лазерной техники, правила оформления чертежей и конструкторской 	<p>Отчёты по лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.</p> <p>Отчет по выполнению курсовой работы</p>

	параметрам и характеристикам элементную базу лазерных приборов и систем. ПК-3.3. Владеет прикладными программами расчёта лазерных опико-электронных приборов, компьютерными технологиями расчёта и конструирования лазерных опико-электронных приборов;	документации. Умеет: <ul style="list-style-type: none"> • 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; • анализировать, представлять и оформлять результаты проектно-конструкторской деятельности при разработке лазерных приборов, систем и технологий. Владеет: <ul style="list-style-type: none"> • прикладными программами расчёта лазерных опико-электронных приборов. 	
--	--	---	--

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц, 324 часа.

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	Геометрическая оптика	5	1-6	16	14	6	12	60	рейтинг-контроль №1
2	Оптические системы приборов	5	7-18	38	22	12	22	129	рейтинг-контроль №2 рейтинг-контроль №3
Всего за 5 семестр:		–	–	54	36	18	34	189	экзамен (27 ч)
Наличие в дисциплине КП/КР		–	–	–	–	–	–	КР	–
Итого по дисциплине		–	–	54	36	18	–	189	экзамен (27 ч)

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Геометрическая оптика.

Тема 1. Основные понятия и законы геометрической оптики.

Содержание темы: Физическая и геометрическая оптика. Прикладная оптика. Светящаяся точка, световой луч, оптическая длина луча. Гомоцентричность пучка лучей. Предмет и его изображение. Сопряжённые точки. Пространства предметов и изображений. Мнимое и действительное изображение. Оптическая система, центрированная оптическая система. Оптическая ось. Правила знаков. Показатель преломления среды. Закон прямолинейного распространения света, закон отражения. Закон независимого распространения световых пучков, закон преломления.

Тема 2. Идеальная оптическая система.

Содержание темы: Теория идеальной оптической системы. Линейное увеличение идеальной оптической системы. Кардинальные элементы: задний фокус, заднее фокусное расстояние, задняя фокальная плоскость. Кардинальные элементы: передний фокус, переднее фокусное расстояние, передняя фокальная плоскость. Кардинальные элементы: главные точки и плоскости. Кардинальные элементы: фокусные расстояния. Положительная и отрицательная оптическая система. Формула Ньютона, формула отрезков, формула Гаусса. Угловое и продольное увеличение. Связь между увеличениями. Два способа нахождения положения и размера изображения. Определение положения фокальных и главных плоскостей в многокомпонентных оптических системах. Параксиальные лучи. Параксиальная область. Первый и второй параксиальные лучи.

Тема 3. Ограничение пучков лучей в оптических системах.

Содержание темы: Диафрагмы и их назначение. Три вида диафрагм (определения, рисунки). АД, входной и выходной зрачки. Определение положения АД в сложной оптической системе. ПД, линейное и угловое поля оптической системы. ВД, входное и выходное окна. Коэффициент виньетирования. Определение площади действующего отверстия входного зрачка. Коэффициенты отражения, поглощения и пропускания для оптической системы.

Тема 4. Аберрации оптических систем.

Содержание темы: Монохроматические и хроматические аберрации (определения). Монохроматические аберрации (геометрический смысл). Разложение Зейделя. Сферическая аберрация. Кома. Дисторсия. Астигматизм и кривизна поля. Хроматические аберрации. Хроматизм положения. Хроматизм увеличения. Вторичный спектр.

Раздел 2. Оптические системы приборов.

Тема 1. Оптические детали.

Содержание темы: Основные характеристики оптических материалов. Линзы. Конструктивные параметры. Кардинальные элементы. Линзы. Формы линз (расположение главных точек). Плоские зеркала. Сферические зеркала. Плоскопараллельные пластины. Оптические клинья. Преломляющие призмы. Отражательные призмы. Расчёт размеров отражательных призм. Примеры призм. Линзы Френеля. Аксиконы. Оптический растр.

Тема 2. Оптические системы для лазеров.

Содержание темы: Структура лазерного пучка. Преобразование лазерного пучка. Порядок габаритного расчета системы, фокусирующей лазерное излучение.

Тема 3. Глаз как оптическая система.

Содержание темы: Устройство глаза. Характеристики глаза. Свойства глаза: аккомодация, адаптация и разрешающая способность. Свойства глаза: бинокулярное зрение, стереоскопическое зрение, эметропический глаз. Требования, предъявляемые к визуальному оптическому прибору. Видимое увеличение и разрешающая способность оптического прибора совместно с глазом.

Тема 4. Телескопические системы.

Содержание темы: Телескопические системы. Зрительная труба Кеплера. Зрительная труба Галилея. Характеристики. Объективы зрительных труб. Окуляры зрительных труб.

Тема 5. Лупа и микроскоп.

Содержание темы: Лупа и её характеристики. Типы луп. Микроскоп и его характеристики. Объективы микроскопов. Классификация. Окуляры микроскопов. Осветительные системы микроскопов. Осветительная система Кёлера в проходящем свете. Осветительные системы микроскопов. Осветительная система Кёлера в отражённом свете. Простейшие осветительные системы. Коллектор и конденсор.

Тема 6. Фотографический объектив.

Содержание темы: Основные характеристики фотографического объектива. Экспозиция. Глубина резко изображаемого пространства фотографического объектива. Светосила фотографического объектива. Классификация ФО по значению диафрагменного числа.

Классификация фотографических объективов. Широкоугольные и узкоугольные ФО. Нормальные ФО и ФО с переменным фокусным расстоянием.

Тема 7. Осветительные и проекционные системы.

Содержание темы: Осветительные системы. Виды осветительных систем. Проектор и его основные характеристики. Проекционные системы. Эпископическая проекционная система. Диаскопическая проекционная система.

Содержание практических занятий

Раздел 1. Геометрическая оптика.

Тема 1. Основные понятия и законы геометрической оптики.

Содержание практических занятий: практическое занятие 1 «Показатель преломления среды», практическое занятие 2 «Законы геометрической оптики», практическое занятие 3 «Идеальная оптическая система. Кардинальные элементы», практическое занятие 4 «Диафрагмы: апертурная, полевая, виньетирующая».

Раздел 2. Оптические системы приборов.

Тема 1. Оптические детали.

Содержание практических занятий: практическое занятие 5 «Оптические детали: линзы, зеркала. Характеристики», практическое занятие 6 «Оптические детали: плоскопараллельная пластина, оптический клин, призмы. Характеристики».

Тема 4. Телескопические системы.

Содержание практических занятий: практическое занятие 7 «Телескопические системы: зрительная труба Кеплера, зрительная труба Галилея. Характеристики».

Тема 5. Лупа и микроскоп.

Содержание практических занятий: практическое занятие 8 «Лупа и её характеристики. Микроскоп и его характеристики».

Тема 6. Фотографический объектив.

Содержание практических занятий: практическое занятие 9 «Фотографический объектив. Характеристики».

Тема 7. Осветительные и проекционные системы.

Содержание практических занятий: практическое занятие 10 «Осветительные системы. Проекционные системы. Характеристики».

Содержание лабораторных занятий

Раздел 1. Геометрическая оптика.

Тема 1. Основные понятия и законы геометрической оптики.

Содержание лабораторных занятий: лабораторная работа 1 «Определение положений и размеров источника света на основе законов геометрической оптики», лабораторная работа 2 «Определение эквивалентного фокусного расстояния многокомпонентной оптической системы», лабораторная работа 3 «Определение положений и размеров изображений предметов различной формы в идеальной оптической системе», лабораторная работа 4 «Построение хода произвольного луча через идеальную оптическую систему», лабораторная работа 5 «Определение положений и размеров зрачков оптической системы»

Раздел 2. Оптические системы приборов.

Тема 1. Оптические детали.

Содержание лабораторных занятий: лабораторная работа 6 «Определение конструктивных параметров линз различных типов».

Тема 4. Телескопические системы.

Содержание лабораторных занятий: лабораторная работа 7 «Расчет оптической схемы телескопических систем двух типов».

Тема 6. Фотографический объектив.

Содержание лабораторных занятий: Лабораторная работа 8 «Определение глубины резкости при фотографировании объектов».

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) Физическая и геометрическая оптика. Прикладная оптика.
- 2) Светящаяся точка, световой луч, оптическая длина луча.
- 3) Гомоцентричность пучка лучей.
- 4) Предмет и его изображение. Сопряжённые точки.
- 5) Пространства предметов и изображений. Мнимое и действительное изображение.
- 6) Оптическая система, центрированная оптическая система. Оптическая ось.
- 7) Правила знаков.
- 8) Показатель преломления среды.
- 9) Закон прямолинейного распространения света, закон отражения.
- 10) Закон независимого распространения световых пучков, закон преломления.
- 11) Теория идеальной оптической системы.
- 12) Линейное увеличение идеальной оптической системы.
- 13) Кардинальные элементы: задний фокус, заднее фокусное расстояние, задняя фокальная плоскость.
- 14) Кардинальные элементы: передний фокус, переднее фокусное расстояние, передняя фокальная плоскость.
- 15) Кардинальные элементы: главные точки и плоскости.
- 16) Кардинальные элементы: фокусные расстояния. Положительная и отрицательная оптическая система.
- 17) Формула Ньютона, формула отрезков, формула Гаусса.
- 18) Угловое и продольное увеличение. Связь между увеличениями.
- 19) Два способа нахождения положения и размера изображения.
- 20) Определение положения фокальных и главных плоскостей в многокомпонентных оптических системах.
- 21) Дифракция и их назначение.
- 22) Три вида дифракции (определения, рисунки).
- 23) АД, входной и выходной зрачки.
- 24) Определение положения АД в сложной оптической системе.
- 25) ПД, линейное и угловое поля оптической системы.
- 26) ВД, входное и выходное окна. Коэффициент виньетирования.
- 27) Определение площади действующего отверстия входного зрачка.

Примерные практические задания рейтинг-контроля №1

- 1) На какой угол отклонится луч от первоначального направления, упав под углом 45° на поверхность стекла ($n = 1,5324$)? На поверхность алмаза ($n = 2,4194$)?
- 2) На стеклянную пластинку с показателем преломления $n = 1,54$ падает луч света. Каков угол падения луча, если угол между отражённым и преломлённым лучами равен 90° ?
- 3) Графически показать, что в системе из двух плоских зеркал, расположенных под углом α друг к другу, угол между падающим лучом и отражённым будет в два раза больше угла между зеркалами.
- 4) Глубина воды в водоёме равна $2,5$ м. Наблюдатель смотрит на предмет, лежащий на дне, причём луч зрения нормален к поверхности воды. Определить кажущееся расстояние предмета от поверхности воды. Показатель преломления воды принять равным $1,33$.
- 5) Графическим построением найти положение сопряжённой точки A' в выпуклом

зеркале, если предметная точка A располагается на оптической оси (замечание: обе точки фокуса совпадают и находятся между центром сферы и её вершиной; главные плоскости совпадают и проходят через вершину отражающей поверхности).

6) Графическим построением найти изображение предмета B_1B_2 , если он образует с оптической осью отрицательной оптической системы HH' угол ψ и $-f = f'$.

7) В пространстве предметов оптической системы HH' располагается прямоугольник $BCDE$. Графическим построением найти изображение этого прямоугольника, если $-f = f'$.

8) Графически, выполнив построение хода лучей с использованием закона отражения, показать, нарушает ли плоская отражающая поверхность гомоцентричность пучка.

9) Найти графически эквивалентное переднее фокусное расстояние системы состоящей из трёх тонких линз в воздухе, если $-f_1 = f_1' = 60$ мм, $-f_2 = f_2' = 30$ мм, $-f_3 = f_3' = -25$ мм, $d_1 = 50$ мм, $d_2 = 20$ мм.

10) Определить величину изображения y' , даваемого компонентом, если $y = 30$ мм, $-f = f' = 120$ мм и $z = -4z'$.

11) Найти графически эквивалентное заднее фокусное расстояние системы состоящей из трёх тонких линз в воздухе, если $-f_1 = f_1' = 100$ мм, $-f_2 = f_2' = -40$ мм, $-f_3 = f_3' = 50$ мм, $d_1 = 70$ мм, $d_2 = 20$ мм.

12) Оптическая система состоит из двух тонких компонентов, расположенных в воздухе: $f_1' = 139,78$ мм, $f_2' = -222,1$ мм, $d = 72,2$ мм. Определить фокусное расстояние системы, координаты a_F, a'_F, a_H, a'_H , а также a'_2, y' , если $a_1 = -400$ мм и $y = 25$ мм.

13) Перед двухлинзовой оптической системой из тонких линз в воздухе на расстоянии $a_1 = -170$ мм от первой линзы с $f_1' = 50$ мм расположен предмет $AB = y = 10$ мм. Вторая линза с фокусным расстоянием $f_2' = 60$ мм расположена на расстоянии $d = 25$ мм от первой линзы. Вычислить величину изображения (задачу решать по формулам Гаусса).

14) Определить положение и диаметры зрачков в симметричной системе, если $-f_1 = f_1' = -f_2 = f_2' = 120$ мм; $d = 50$ мм; $a_{AD} = 25$ мм; $D = 20$ мм.

15) Перед тонкой линзой на расстоянии 60 мм установлена диафрагма диаметром 20 мм. Фокусное расстояние линзы $f' = 100$ мм. В задней фокальной плоскости установлена полевая диафрагма диаметром 10 мм. Найти угловое поле линзы в пространстве предметов, если предметная плоскость расположена в бесконечности.

Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №2

- 1) Основные характеристики оптических материалов.
- 2) Линзы. Конструктивные параметры. Кардинальные элементы.
- 3) Линзы. Формы линз (расположение главных точек).
- 4) Плоские зеркала. Основные закономерности.
- 5) Сферические зеркала. Основные закономерности.
- 6) Плоскопараллельные пластины. Основные закономерности.
- 7) Оптические клинья. Основные закономерности.
- 8) Призмы. Обозначения призм.
- 9) Преломляющие призмы. Основные закономерности.
- 10) Отражательные призмы. Основные закономерности.
- 11) Расчёт размеров отражательных призм.
- 12) Примеры призм.
- 13) Линзы Френеля.
- 14) Аксиконы.
- 15) Оптический растр.

Примерные практические задания рейтинг-контроля №2

- 1) Найти кардинальные отрезки симметричной двояковыпуклой линзы из стекла $BK10$ ($n_e = 1,5713$), у которой $r_1 = 27,3$ мм, толщина линзы $d = 6$ мм.
- 2) Определить переднее и заднее фокусные расстояния линзы с конструктивными

параметрами $r_1 = 100$ мм; $r_2 = 282,94$ мм, $d = 10$ мм, стекло К8 ($n = 1,5183$), если первая среда – воздух, а последняя среда – вода ($n = 1,333$).

3) В результате измерений для линзы определены следующие параметры: $r_1 = r_2 = 19$ мм, $d = 6$ мм, $f' = 300$ мм. Чему равен показатель преломления стекла линзы?

4) Определить фокусное расстояние и положение главных точек линзы с $r_1 = r_2 = 100$ мм, $d = 50$ мм, $n = 1,5$.

5) Концентрическая линза с радиусами кривизны поверхностей $r_1 = 180$ мм; $r_2 = 165$ мм выполнена из стекла К8 ($n_e = 1,5183$). Определить фокусное расстояние линзы, толщину линзы и фокальные отрезки. Привести рисунок, на котором показать все кардинальные отрезки концентрической линзы.

6) Симметричная двояковыпуклая линза, сделанная из стекла К8 ($n_e = 1,5183$), имеет фокусное расстояние 100 мм, толщину 5 мм. Определить радиусы кривизны линзы, расположенной в воздухе.

7) Оптическая система образована двумя зеркалами $r_1 = -200$ мм и $r_2 = -40$ мм, расстояние между зеркалами равно $-83,52$ мм. Рассчитать фокусное расстояние оптической системы, передний и задний фокальные отрезки.

8) За объективом с фокусным расстоянием $f' = 120$ мм, относительным отверстием $1:4$, угловым полем $2\omega = 12^\circ$ установлена призма на расстоянии $d_1 = 30$ мм. Входной зрачок совпадает с оправой объектива, принимаемого бесконечно тонким. Найти длину хода луча в призме.

9) Перед плоскопараллельной пластинкой на расстоянии $s_1 = -100$ мм помещён предмет. Определить положение его изображения и величину продольного смещения луча, если толщина пластинки $d = 60$ мм, показатель преломления стекла $n = 1,5$.

Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №3

- 1) Устройство глаза.
- 2) Характеристики глаза.
- 3) Свойства глаза: аккомодация, адаптация и разрешающая способность.
- 4) Свойства глаза: бинокулярное зрение, стереоскопическое зрение, эмметропический глаз.
- 5) Требования, предъявляемые к визуальному оптическому прибору.
- 6) Видимое увеличение и разрешающая способность оптического прибора совместно с глазом.
- 7) Телескопические системы. Зрительная труба Кеплера.
- 8) Телескопические системы. Зрительная труба Галилея.
- 9) Телескопические системы. Характеристики.
- 10) Лупа и её характеристики.
- 11) Типы луп.
- 12) Микроскоп и его характеристики.
- 13) Осветительные системы микроскопов. Осветительная система Кёлера в проходящем свете.
- 14) Осветительные системы микроскопов. Осветительная система Кёлера в отражённом свете.
- 15) Простейшие осветительные системы. Коллектор и конденсор.
- 16) Основные характеристики фотографического объектива. Экспозиция.
- 17) Глубина резко изображаемого пространства фотографического объектива.
- 18) Светосила фотографического объектива. Классификация ФО по значению диафрагменного числа.
- 19) Осветительные системы. Виды осветительных систем.
- 20) Проектор и его основные характеристики.
- 21) Проекционные системы. Эпископическая проекционная система.
- 22) Проекционные системы. Диаскопическая проекционная система.

Примерные практические задания рейтинг-контроля №3

- 1) Галилеевский бинокль имеет следующие характеристики: $\Gamma_T = 3^\times$, световой диаметр объектива $D_{об} = 32$ мм, диаметр выходного зрачка $D' = 4$ мм, оптическая длина $L = 80$ мм, удаление выходного зрачка $a'_{p'} = 10$ мм. Определить величину и положение входного зрачка, угловое поле бинокля в пространстве предметов.
- 2) Зрительная труба Кеплера состоит из объектива ($f_{об} = 100$ мм, $D/f_{об} = 1:5$, $2\omega = 8^\circ$) и окуляра ($f_{ок} = 20$ мм). Определить видимое увеличение зрительной трубы, диаметры входного и выходного зрачков и угловое поле окуляра.
- 3) Вычислить угловой предел разрешения зрительной трубы с видимым увеличением 10^\times и диаметром выходного зрачка 3 мм, определяемый теорией дифракции; возможностями глаза.
- 4) При длине механического тубуса 130 мм видимое увеличение микроскопа -19. Как изменится увеличение этого микроскопа, если длина механического тубуса станет 1) 160 мм; 2) 190 мм? Фокусное расстояние объектива микроскопа 33,1 мм, а видимое увеличение окуляра 7^\times .
- 5) Определить глубину резко изображаемого пространства микроскопа, состоящего из объектива $90 \times 1,25$ и окуляра с фокусным расстоянием 25 мм.
- 6) Какой наибольшей величины объект можно рассмотреть в микроскоп, у которого видимое увеличение -400, видимое увеличение окуляра 10^\times , линейное поле окуляра 14 мм?
- 7) Аэрофотографирование ведётся с самолёта, летящего на высоте 5000 м со скоростью 450 км/ч, фотоаппаратом с объективом, имеющим фокусное расстояние 300 мм. Допустимый сдвиг изображения за время экспонирования составляет 0,03 мм. Какова максимальная выдержка?
- 8) С какого максимального расстояния можно сфотографировать машинописный текст с высотой букв 2,2 мм с применением объектива с фокусным расстоянием 1000 мм? Фотографическая разрешающая способность составляет 18 мм^{-1} . Разместится ли вся машинописная страница в кадре 24×36 мм? Принять во внимание, что площадь страницы, заполненная текстом, составляет 180×250 мм.
- 9) Определить наименьший размер предметов, которые можно рассмотреть на аэрофотоснимке, если высота съёмки 20 км, фокусное расстояние аэрофотообъектива 2000 мм, относительное отверстие 1:11. Разрешающая способность фотоплёнки 100 мм^{-1} , а разрешающая способность аэрофотообъектива вычисляется по формуле $550/K$.
- 10) Светящееся тело лампы накаливания размером $2,8 \times 2$ мм проецируется на экран линзой со световым диаметром 30 мм. Расстояние от линзы до экрана составляет 5 м. Полный световой поток лампы 250 лм. Определить освещённость изображения. Потерями света в линзе пренебречь.
- 11) Изображение Солнца сфокусировано на листе бумаги с помощью линзы с фокусным расстоянием 50 мм и световым диаметром 10 мм. Определить диаметр изображения и его освещённость, полагая яркость Солнца $L_{ист} = 1,5 \cdot 10^9 \text{ кд/м}^2$, а его угловой диаметр $2\omega = 30'$. Коэффициент пропускания линзы $\tau_{ос} = 0,9$.

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – экзамен.

Примерный перечень вопросов

- 1) Основные определения и понятия геометрической оптики.
- 2) Правила знаков в прикладной оптике.
- 3) Законы геометрической оптики.
- 4) Кардинальные элементы идеальной оптической системы. Положительная и отрицательная оптическая система.
- 5) Зависимости между положениями и размерами предмета и изображения (характерные расстояния).
- 6) Три типа увеличения.

- 7) Четыре способа построения хода луча через идеальную оптическую систему.
- 8) Расчёт хода луча через идеальную оптическую систему (основные формулы).
- 9) Передняя и задняя главные точки многокомпонентной оптической системы. Эквивалентное фокусное расстояние.
- 10) Диафрагмы и их назначение.
- 11) Апертурная диафрагма. Входной и выходной зрачки.
- 12) Определение положения апертурной диафрагмы в оптической системе с большим количеством диафрагм.
- 13) Полевая диафрагма. Линейное и угловое поля оптической системы.
- 14) Виньетирующая диафрагма. Входное и выходное окна. Коэффициент виньетирования.
- 15) Определение действующего отверстия входного зрачка.
- 16) Основные характеристики оптических материалов.
- 17) Линзы. Конструктивные параметры. Кардинальные элементы.
- 18) Линзы. Формы линз (расположение главных точек).
- 19) Плоские зеркала. Основные закономерности.
- 20) Сферические зеркала. Основные закономерности.
- 21) Плоскопараллельные пластины. Основные закономерности.
- 22) Оптические клинья. Основные закономерности.
- 23) Преломляющие призмы. Основные закономерности.
- 24) Отражательные призмы. Основные закономерности.
- 25) Линзы Френеля.
- 26) Аксиконы.
- 27) Оптический растр.
- 28) Устройство глаза. Характеристики глаза. Свойства глаза.
- 29) Телескопические системы. Зрительная труба Кеплера.
- 30) Телескопические системы. Зрительная труба Галилея.
- 31) Лупа и её характеристики.
- 32) Микроскоп и его характеристики.
- 33) Фотографический объектив. Основные характеристики.
- 34) Простейшие осветительные системы. Коллектор и конденсор.
- 35) Осветительные системы микроскопов. Осветительная система Кёлера.
- 36) Осветительные системы. Виды осветительных оптических систем.
- 37) Проектор и его основные характеристики.
- 38) Проекционные системы. Эпископическая проекционная система.
- 39) Проекционные системы. Диаскопическая проекционная система.

Примерные практические задания

- 1) Определить взаимное расположение тонкой линзы с фокусным расстоянием 130 мм , расположенной в воздухе, предмета и экрана, на которой проецируется с помощью этой линзы действительное изображение предмета с пятикратным увеличением. Как изменятся эти расстояния, если вторая среда – вода ($n_e = 1,333$)?
- 2) Вывести формулы для определения длины отрезков a_1 и a_2 , а также фокусного расстояния, если линейное увеличение при смещении оптического компонента изменяется в k раз, а расстояние между предметом и изображением, равное L , остаётся постоянным.
- 3) На расстоянии $s_1 = 50 \text{ мм}$ и $s_2 = 100 \text{ мм}$ от источника света ($2y = 20 \text{ мм}$) установлены диафрагмы с отверстиями, радиусы которых $R_1 = 15 \text{ мм}$ и $R_2 = 20 \text{ мм}$. Определить, исходя из законов прямолинейного и независимого распространения света, размеры зон тени и полутени на экране, расположенном на расстоянии $s_3 = 500 \text{ мм}$ от источника света, если центры источника света, диафрагм и экрана лежат на одной прямой.
- 4) На пути светового луча, идущего из воздуха, поставили пластину из стекла с $n_2 = 1,5183$, поверхности которой параллельны друг другу. Толщина пластины $d = 4 \text{ мм}$. Как изменится оптическая длина пути луча, если луч AB будет падать на пластину: а). нормально;

б). под углом 30° .

5) Предмет $y = 100 \text{ мм}$ расположен на расстоянии $s = -450 \text{ мм}$ от вогнутого зеркала с $r = -200 \text{ мм}$. Определить y' , s' , β , $D_{\text{ПД}}$, а также $a_{\text{Р}'}$ и D' , если апертурная диафрагма расположена впереди зеркала на расстоянии 70 мм и $D_{\text{АД}} = 50 \text{ мм}$.

6) Позади линзы с фокусным расстоянием $f' = 50 \text{ мм}$ на расстоянии $a' = 25 \text{ мм}$ расположен глаз наблюдателя, диаметр зрачка которого равен 3 мм . Определить положение и диаметры зрачков.

7) Линза имеет следующие конструктивные параметры: $r_1 = 120 \text{ мм}$; $r_2 = 100 \text{ мм}$, $d = 20 \text{ мм}$, стекло К8 ($n = 1,5183$) и расположена в воздухе. Определить тип линзы, её фокусное расстояние f' и фокальные отрезки s'_F , s'_F . Определить положение s_H , s'_H главных точек, не пользуясь формулами.

8) В линзе-шаре задний фокус совпадает с вершиной второй поверхности. Определить показатель преломления стекла n_e .

9) Фокусное расстояние объектива зрительной трубы прямого изображения $f'_1 = 150 \text{ мм}$, а оборачивающей линзы $f'_3 = 50 \text{ мм}$. Видимое увеличение трубы $\Gamma_T = 6^\times$, а увеличение оборачивающей линзы $\beta = -1$. Определить фокусное расстояние коллектива и длину зрительной трубы.

10) Для рассматривания мелких организмов применяют лупу Стенхопа, которая представляет собой положительную концентрическую линзу с $r_2 = -(1/3)d$. Вычислить радиусы кривизны, толщину, фокусные расстояния и фокальные отрезки лупы, у которой видимое увеличение 25. Показатель преломления принять равным $n = 1,5$.

11) В визирном микроскопе фокусное расстояние объектива $f'_{об} = 30 \text{ мм}$, фокусное расстояние окуляра $f'_{ок} = 20 \text{ мм}$, расстояние между бесконечно тонкими компонентами объектива и окуляра $d = 110 \text{ мм}$. Диаметр апертурной диафрагмы $D_{\text{АД}} = 10 \text{ мм}$. Найти размер выходного зрачка, если предметная плоскость расположена на расстоянии $a_1 = -45 \text{ мм}$.

12) Фотообъективом с фокусным расстоянием 28 мм необходимо сфотографировать пространство от 3 м до бесконечности. Определить диафрагменное число и дистанцию фокусировки, если допустимый кружок рассеяния $\delta' = 0,03 \text{ мм}$.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Прикладная оптика» 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, при выполнении курсовой работы. Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, рекомендованной литературы.

Курсовая работа выполняется по теме «Расчет оптической системы для фокусировки лазерного излучения». Для каждого студента определены индивидуальные начальные технические параметры, по которым производится расчет.

Примерные задания по вариантам для выполнения курсовой работы

Вариант	Длина волны излучения, λ (тип лазера)	Радиусы кривизны зеркал резонатора, r_1 и r_2	Длина резонатора, L	Диаметр луча на обрабатываемой поверхности, $d = 2y''$	Расстояние до обрабатываемой поверхности, a	Поворот оптической оси
1	10,6 мкм СО ₂ -лазер	5 м -5 м	0,8 м	200 мкм	1 м	Одно поворотное зеркало
2	0,6943 мкм рубиновый лазер	250 мм -250 мм	500 мм	0,05 мм	3000 мм	нет
3	632,8 нм He-Ne-лазер	200 мм -200 мм	30 см	0,002 мм	0,7 м	нет
4	0,448 мкм аргоновый лазер	300 мм -260 мм	450 мм	1 мм	30 см	нет

5	510,6 нм лазер на парах меди	0,75 м -0,75 м	1,5 м	3 мм	1,5 м	Одно поворотное зеркало
6	340 нм лазер на красителях	400 мм -400 мм	0,6	0,8 мм	600 мм	нет
7	337 нм азотный лазер	20 см -20 см	250 мм	2 мм	780 мм	Одно поворотное зеркало
8	116,1 нм водородный атом	120 мм -120 мм	240 мм	0,7 мм	350 см	нет
9	676,4 нм криптоновый лазер	140 см -140 см	70 см	0,3 см	5 м	нет
10	193 нм, эксимерный лазер	80 см -60 см	120 см	200 мкм	2 м	нет
11	1,06 мкм неодимовый лазер	400 мм -400 мм	280 мм	0,5 мм	540 мм	Одно поворотное зеркало
12	1,03 мкм, Yb-ИАГ-лазер	1 м -1 м	1,1 м	0,02 мм	0,8 м	нет
13	627 нм, лазер на парах золота	50 см -50 см	0,75 м	0,1 см	670 мм	нет
14	440 нм, He-Cd-лазер	175,5 мм -175,5 мм	350 мм	1 мм	60 см	Одно поворотное зеркало
15	1100 нм, титан- сапфировый лазер	0,5 м -0,5 м	0,45 м	0,008 мм	950 мм	нет
16	1,315 мкм, химический лазер	3 м - 3 м	560 мм	0,06 мм	580 см	Одно поворотное зеркало
17	1,06 мкм Nd-ИАГ лазер	1 м -0,6 м	0,9 м	125 мкм	850 мм	нет

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) Монохроматические и хроматические аберрации.
- 2) Монохроматические аберрации. Разложение Зейделя.
- 3) Разложение Зейделя. Сферическая аберрация.
- 4) Разложение Зейделя. Кома. Дисторсия.
- 5) Астигматизм и кривизна поля.
- 6) Хроматические аберрации. Хроматизм положения.
- 7) Хроматизм увеличения. Вторичный спектр.
- 8) Расчёт аберраций оптической системы (основные положения).
- 9) Суммирование аберраций.
- 10) Объективы зрительных труб.
- 11) Окуляры зрительных труб.
- 12) Объективы микроскопов. Классификация.
- 13) Окуляры микроскопов.
- 14) Классификация фотографических объективов. Широкоугольные и узкоугольные ФО.
- 15) Классификация фотографических объективов. Нормальные ФО и ФО с переменным фокусным расстоянием.

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. Семчуков М. Н. Решение задач по прикладной оптике: учебное пособие / М. Н. Семчуков. – Москва: РТУ МИРЭА, 2020. – 108 с. – Текст: электронный.	2020	https://e.lanbook.com/book/167625
2. Гоголева Е.М. Прикладная оптика: учебное пособие для СПО/ Гоголева Е.М., Фарафонтова Е.П. – Саратов, Екатеринбург: Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. – 183 с. – Текст: электронный.	2019	http://www.iprbookshop.ru/87849.html
3. Агапов Н.А. Прикладная оптика: учебное пособие / Агапов Н.А. –Томск: Томский политехнический университет, 2017. – 286 с. – Текст: электронный.	2017	http://www.iprbookshop.ru/84030.html
Дополнительная литература		
1. Гоголева Е.М. Прикладная оптика: учебное пособие/ Гоголева Е.М., Фарафонтова Е.П. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016. – 184 с. – Текст: электронный.	2016	http://www.iprbookshop.ru/66194.html
2. Варданян В.А. Физические основы оптики: учебное пособие/ Варданян В.А. – Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2015. – 235 с. – Текст: электронный.	2015	http://www.iprbookshop.ru/40554
3. Цуканова Г.И. Прикладная оптика. Часть 2: учебно-методическое пособие/ Цуканова Г.И., Карлова Г.В., Багдасарова О.В. – СПб.: Университет ИТМО, 2014. – 84 с. – Текст: электронный.	2014	http://www.iprbookshop.ru/67825.html
4. Цуканова Г.И. Прикладная оптика. Часть 1: учебно-методическое пособие/ Цуканова Г.И., Карлова Г.В., Багдасарова О.В. – СПб.: Университет ИТМО, 2013. – 74 с. – Текст: электронный.	2013	http://www.iprbookshop.ru/67577.html

6.2. Периодические издания

- 1) Оптический журнал. Режим доступа: <http://opticjourn.ifmo.ru/>.

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 и ноутбуком.

Практические и лабораторные работы проводятся в научных и учебных лабораториях 107-3, 123-3, 420-3, 430-3, 431-3, где размещены: волоконный лазер непрерывного излучения, миллисекундная лазерная установка, комплекс лазерной маркировки, лазерный проекционный микроскоп.

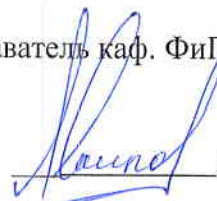
Аудитории для проведения занятий оснащены современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным и прикладным программным обеспечением.

Рабочую программу составил старший преподаватель каф. ФизМ С.В. Жирнова



Рецензент

Генеральный директор ООО «ВладИнТех»



А.В. Осипов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры физики и прикладной математики
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 Лазерная техника и лазерные технологии

Протокол № 1 от 30.08.2021 года

Председатель комиссии

(ФИО, подпись)



С.М. Аракелян

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2022 года

Заведующий кафедрой _____

С.И. Абрамкин

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 _____