

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ЛАЗЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/08-577

от 29.08.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРАКТИКУМ ПО КОМПЬЮТЕРНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ В ОПТИКЕ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
2	3	108	0	0	30		78	0	30 КР
Итого	3	108	0	0	30	0	78	0	

## АННОТАЦИЯ

В курсе изучаются принципы проектирования оптических систем с помощью программного пакета ZEMAX, а также основные понятия и характеристики оптических систем.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель курса - формирование у студентов практических навыков проектирование оптических систем с использованием современных программных средств. Основной задачей курса является освоение проектирования оптических систем с использованием пакета программ Zemax.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

При составлении программы учебной дисциплины «предполагалось, что студент знаком с содержанием основных разделов курсов высшей математики, общей физики и физической оптики, желательно также наличие общих базовых представлений из области информатики и вычислительной техники.

Программой курса предусмотрено, что студент должен научиться использовать пакеты прикладных программ для расчёта и конструирования оптических систем различного назначения.

Знания, приобретенные студентом при освоении данной дисциплины, необходимы для успешного завершения обучения в рамках образовательной программы.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
формулирование задачи и плана научного исследования в области лазерной	процессы взаимодействия лазерного излучения с веществом,	ПК-2 [1] - способен разрабатывать математические модели объектов исследования и выбирать численный	З-ПК-2[1] - Знать: численные методы анализа объектов исследования; стандартные языки

<p>физики, техники и лазерных технологий на основе проведения библиографической работы с применением современных информационных технологий; построение математических моделей объектов исследования, выбор алгоритма решения задачи; теоретические и экспериментальные исследования в области физики лазеров, взаимодействия лазерного излучения с веществом, лазерных технологий; разработка методов лазерной диагностики сред и объектов, лазерных медицинских технологий и технологий обработки материалов; оптических информационных технологий; разработка лазерных приборов и технологических систем различного назначения проведение оптических, фотометрических, электрических измерений с выбором технических средств и обработкой результатов; оформление отчетов, статей, рефератов на базе современных средств редактирования и печати в соответствии</p>	<p>включая биологические объекты; лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; процессы генерации, усиления, модуляции, распространения и детектирования лазерного излучения; элементная база лазерной техники, технологий и систем управления и транспорта лазерного излучения; математические модели объектов исследования; методы лазерно-физических измерений</p>	<p>метод их моделирования (анализа), разрабатывать новый или выбирать готовый алгоритм решения задачи</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>программирования; стандартные и специальные пакеты математического моделирования; ; У-ПК-2[1] - Уметь: поставить задачу и определить набор параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование процессов, явлений лазерной техники и технологий; разрабатывать простые и средней сложности математические модели лазерных технологических процессов и модели функционирования лазерных приборов и систем; анализировать полученные результаты моделирования процессов, явлений на основе физических представлений ; В-ПК-2[1] - Владеть: навыками компьютерного моделирования процессов, явлений лазерной техники и технологий</p>
---	--	--	--

с установленными требованиями			
проектно-конструкторский			
анализ состояния научно технической проблемы, составление технического задания; постановка цели и задач проектирования лазерной техники и лазерных технологий на основе подбора и изучения литературных и патентных источников; разработка функциональных и структурных схем лазерной техники и лазерных технологий с определением их физических принципов действия, структур и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы; проектирование и конструирование лазерных приборов, систем, комплексов и технологий с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономического обоснования.	Лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; элементная база лазерной техники, технологий, систем управления и транспорта лазерного излучения	ПК-4 [1] - способен проектировать и конструировать узлы, блоки лазерных приборов, систем и комплексов с использованием средств компьютерного проектирования, проводить проектные расчеты и выполнять технико-экономическое обоснование  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-4[1] - Знать: особенности и области применения лазерной техники и лазерных технологий; правила оформления проектной и конструкторской документации ; У-ПК-4[1] - Уметь: анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемым узлам, блокам лазерных приборов и систем; проводить концептуальную и проектную проработку типовых систем, приборов, деталей и узлов; представлять и оформлять результаты проектно-конструкторской деятельности ; В-ПК-4[1] - Владеть: методами компьютерного проектирования и расчета; навыками проектирования и конструирования типовых узлов и блоков лазерных приборов и систем
анализ состояния научно технической проблемы, составление технического задания; постановка цели и задач проектирования	Лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; элементная база лазерной техники,	ПК-5 [1] - способен проводить технические расчеты по проектам, технико-экономическому и функционально-стоимостному анализу	З-ПК-5[1] - Знать: основные типы и характеристики лазерных приборов и систем ; У-ПК-5[1] - Уметь: оценивать

<p>лазерной техники и лазерных технологий на основе подбора и изучения литературных и патентных источников; разработка функциональных и структурных схем лазерной техники и лазерных технологий с определением их физических принципов действия, структур и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы; проектирование и конструирование лазерных приборов, систем, комплексов и технологий с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономического обоснования.</p>	<p>технологий, систем управления и транспорта лазерного излучения</p>	<p>эффективности проектируемых приборов и систем, включая оценку инновационных рисков коммерциализации проектов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>инновационные риски при коммерциализации проектов; оценивать экономическую эффективность проектируемых приборов и систем ; В-ПК-5[1] - Владеть: навыками простых и средней сложности технических расчетов по проектам</p>
---	---	--	--

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
<i>2 Семестр</i>	Раздел 1	1-8	0/0/16		25	КИ-8	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-4,
1							

						У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
2	Раздел 2	9-15	0/0/14	25	КИ-15	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		0/0/30	50		
	<b>Контрольные мероприятия за 2 Семестр</b>			50	ЗО, КР	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
ЗО	Зачет с оценкой
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет
КР	Курсовая работа

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	0	0	30

<b>1-8</b>	<b>Раздел 1</b>	0	0	16
1 - 2	<b>Тема 1</b> Основные понятия и характеристики оптических систем	Всего аудиторных часов		
		0	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 8	<b>Тема 2</b> Интерфейс и встроенные функции программного пакета Zemax	Всего аудиторных часов		
		0	0	12
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-15</b>	<b>Раздел 2</b>	0	0	14
9 - 15	<b>Тема 3</b> Решение практических задач проектирования оптических элементов с помощью программного пакета Zemax	Всего аудиторных часов		
		0	0	14
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

<b>Недели</b>	<b>Темы занятий / Содержание</b>
	<i>2 Семестр</i>
1 - 2	<b>Тема 1</b> Основные понятия и характеристики оптических систем
3 - 8	<b>Тема 2</b> Интерфейс и встроенные функции программного пакета Zemax
9 - 15	<b>Тема 3</b> Решение практических задач проектирования оптических элементов с помощью программного пакета Zemax

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

По направлению подготовки предусматривается использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных презентации, разбор конкретных задач) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-2	З-ПК-2	ЗО, КР, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2	ЗО, КР, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2	ЗО, КР, КИ-8, КИ-15
ПК-4	З-ПК-4	ЗО, КР, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-4	ЗО, КР, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-4	ЗО, КР, КИ-8, КИ-15
ПК-5	З-ПК-5	ЗО, КР, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-5	ЗО, КР, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-5	ЗО, КР, КИ-8, КИ-15

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89		B	
75-84		C	
70-74	4 – «хорошо»	D	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
65-69			Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64	3 – «удовлетворительно»	E	
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного

			материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.
--	--	--	--

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. ЭИ Г 62 Математическое моделирование систем и процессов : учебное пособие, Голубева Н. В., Санкт-Петербург: Лань, 2021
2. ЭИ Ч-49 Многоходовые системы в оптике и спектроскопии. : учебное пособие, Чернин С. М., Москва: Физматлит, 2010
3. 53 С34 Общий курс физики Т.4 Оптика, , Москва: Физматлит;МФТИ, 2013
4. ЭИ Д 79 Теория и преобразование сигналов в оптических системах : учебное пособие, Дубнищев Ю. Н., Санкт-Петербург: Лань, 2021
5. ЭИ 3-18 Теория оптических систем : учебное пособие, Кирюшин С. И., Заказнов Н. П., Кузичев В. И., Санкт-Петербург: Лань, 2021

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 535 С16 Оптика и фотоника. Принципы и применения Т.1 , Салех Б., Долгопрудный: Интеллект, 2012
2. 535 С16 Оптика и фотоника. Принципы и применения Т.2 , Салех Б., Долгопрудный: Интеллект, 2012
3. 535 Б82 Основы оптики : , Вольф Э., Борн М., М.: Наука, 1973
4. 621.38 Я49 Теория и расчет оптико-электронных приборов : учебник для вузов, Якушенков Ю.Г., Москва: ЛОГОС, 2011

### **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

Специальное программное обеспечение не требуется

### **LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

При изучении курса «Практикум по компьютерному моделированию в оптике» необходимо усвоить основные понятия и характеристики оптических систем, а также приобрести навыки проектирования оптических систем с помощью программного пакета ZEMAX.

Необходимо знать такие общие характеристики оптических систем как: апертура, числовая апертура, угловая апертура, увеличение. Требуется иметь четкое понимание энергетических характеристик оптических систем, таких как: светосила, функция относительного спектрального пропускания, функция светораспределения по полю. Необходимо иметь представление об искажениях вносимых оптическими системами при построении изображений и соответствующих характеристиках: волновые aberrации, поперечные и продольные aberrации, хроматические и монохроматические aberrации. Кроме того необходимо знать такие комплексные характеристики как: функция рассеяния точки, разрешающая способность и модуляционная передаточная функция.

Необходимо иметь основные представления о возможностях программного пакета ZEMAX и принципах проектирования и анализа оптических систем с его помощью.

Необходимо знать и уметь использовать основные функции программного пакета ZEMAX.

Требуется уметь проектировать базовые оптические элементы такие как: линзы различных типов, зеркала, призмы и т.п.

Необходимо уметь анализировать спроектированную в программном пакете ZEMAX оптическую систему. Знать, как получить графическое изображение оптической системы, рассчитать aberrации лучей, диаграмму пятна рассеяния точки, величину дифракционных эффектов и т. д.

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Необходимо дать возможность студентам усвоить основные понятия и характеристики оптических систем, а также приобрести навыки проектирования оптических систем с помощью программного пакета ZEMAX.

Студентам необходимо дать четкое представление об общих характеристиках оптических систем, таких как: апертура, числовая апертура, угловая апертура, увеличение. Сформировать у студентов четкое понимание энергетических характеристик оптических систем, таких как: светосила, функция относительного спектрального пропускания, функция светораспределения по полю. Дать представление об искажениях вносимых оптическими системами при построении изображений и соответствующих характеристиках: волновые aberrации, поперечные и продольные aberrации, хроматические и монохроматические aberrации. Кроме того разъяснить такие комплексные характеристики как: функция рассеяния точки, разрешающая способность и модуляционная передаточная функция.

Необходимо дать студентам основные представления о возможностях программного пакета ZEMAX и принципах проектирования и анализа оптических систем с его помощью.

Необходимо обучить студентов использованию основных функций программного пакета ZEMAX.

Требуется обучить студентов проектированию базовых оптических элементов таких как: линзы различных типов, зеркала, призмы и т.п.

Необходимо обучить студентов анализу спроектированной в программном пакете ZEMAX оптической системы. Объяснить, как получить графическое изображение оптической системы, рассчитать aberrации лучей, диаграмму пятна рассеяния точки, величину дифракционных эффектов и т. д.

Автор(ы):

Краснов Виталий Вячеславович, к.ф.-м.н., доцент

Евтихиев Николай Николаевич, д.ф.-м.н., профессор

Рецензент(ы):

Стариков Р.С., д.ф.м.н., профессор