

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА"**

СОГЛАСОВАНО
Зав. выпускающей кафедры

УТВЕРЖДАЮ

**Расчет и проектирование электронно- оптических
систем**

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	Промышленной электроники
Учебный план	11.04.04_25_00.plx 11.04.04 Электроника и наноэлектроника
Квалификация	магистр
Форма обучения	очная
Общая трудоемкость	5 ЗЕТ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
Неделя	16			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	16	16	16	16
Лабораторные	16	16	16	16
Практические	16	16	16	16
Иная контактная работа	0,65	0,65	0,65	0,65
Консультирован ие перед экзаменом и практикой	2	2	2	2
Итого ауд.	50,65	50,65	50,65	50,65
Контактная работа	50,65	50,65	50,65	50,65
Сам. работа	60,3	60,3	60,3	60,3
Часы на контроль	53,35	53,35	53,35	53,35
Письменная работа на курсе	15,7	15,7	15,7	15,7
Итого	180	180	180	180

г. Рязань

Программу составил(и):

к.т.н., доц., Рыбачек В.П.

Рабочая программа дисциплины

Расчет и проектирование электронно- оптических систем

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника (приказ Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 959)

составлена на основании учебного плана:

11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

утвержденного учёным советом вуза от 28.02.2025 протокол № 8.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Промышленной электроники

Протокол от 22.05.2025 г. № 11

Срок действия программы: 2025-2027 уч.г.

Зав. кафедрой Круглов Сергей Александрович

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры
Промышленной электроники

Протокол от _____ 2026 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры
Промышленной электроники

Протокол от _____ 2027 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры
Промышленной электроники

Протокол от _____ 2028 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2029-2030 учебном году на заседании кафедры

Промышленной электроники

Протокол от _____ 2029 г. № ____

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	формирование у магистрантов перечисленных ниже компетенций и систематических знаний в области математического и компьютерного моделирования электронно-оптических систем электронных приборов, устройств, установок вакуумной, плазменной, микроволновой электроники различного функционального назначения.
1.2	Задачи дисциплины:
1.3	- изучение принципов построения математических моделей, описывающих физические процессы взаимодействия потоков заряженных частиц с электрическими и магнитными полями в электронных приборах и устройствах;
1.4	- овладение численными методами реализации математических моделей с четким определением границ их применения и возможностей;
1.5	- практическое овладение навыками составления алгоритмов решения уравнений математических моделей на ЭВМ, совершенствование навыков работы с современным прикладным программным обеспечением, используемым для цифрового моделирования ЭОС;
1.6	- выработка навыков грамотного изложения научного, экспериментального и теоретического материала в виде докладов, презентаций, научных публикаций; умения объяснить результаты компьютерного моделирования электронно-оптических систем электронных приборов;
1.7	- закрепление навыков самостоятельной учебной деятельности;
1.8	- получение навыков научно-исследовательской, методической и инженерной работы;
1.9	- применение приобретенных теоретических и практических знаний для решения конкретных задач при прохождении учебных практик, выполнении курсовых и выпускных работ, а также в дальнейшей профессиональной деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Данная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении следующих дисциплин учебного плана : «Информатика», «Численные методы в задачах электроники», «Программные технологии в электронике», «Микроволновые приборы и устройства».
2.1.2	До начала изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:
2.1.3	знать: методы вычислительной математики, программирование на алгоритмическом языке Object Pascal, технологию объектно-ориентированного программирования в среде Lazarus, устройство и принципы работы приборов СВЧ;
2.1.4	уметь: разрабатывать математические модели и алгоритмы прикладных программ для расчета и проектирования ЭОС приборов и устройств электроники;
2.1.5	владеть: навыками использования прикладных программ для компьютерного моделирования ЭОС электронных приборов и устройств.
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Научно-исследовательская работа (часть 2)
2.2.2	Производственная практика
2.2.3	Расчет и проектирование микроволновых приборов и устройств
2.2.4	Устройства информационной электроники
2.2.5	Эмиссионная электроника
2.2.6	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
2.2.7	Преддипломная практика

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ПК-3: Выполняет заключительный расчет и анализ параметров приборов и устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения на основе выполненных предыдущих проектов	
ПК-3.2. Проводит аналитический или машинный расчет основных и критических параметров приборов и устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	

Знать численные методы и особенности проектирования электронно-оптических систем.
Уметь самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в области компьютерных методов расчета и проектирования ЭОС для целей совершенствования и разработки новых типов электронных приборов и устройств.
Владеть методами работы с учебной, научной и монографической литературой, публикациями в научных журналах и сети Интернет в области САПР электронных приборов и устройств, способами осмысления и критического анализа научной информации, практического использования новых знаний и умений.

ПК-5: Выполняет моделирование работы микроволновых оптико-электронных приборов на основе физических процессов и явлений, лежащих в основе их работы

ПК-5.1. Проводит компьютерное моделирование функционирования оптико-электронных приборов и устройств на основе физических процессов и явлений, лежащих в основе их работы

Знать принципы построения и функционирования электронно-оптических узлов;
Уметь моделировать и проектировать функциональные узлы электронно-оптических систем с учетом заданных технических требований;
Владеть навыками построения моделей электронно-оптических систем;

ПК-5.2. Проводит компьютерное моделирование функционирования микроволновых приборов и устройств на основе физических процессов и явлений, лежащих в основе их работы

Знать принципы построения и функционирования основных узлов микроволновых приборов и устройств.
Уметь моделировать и проектировать функциональные узлы микроволновых приборов и устройств с учетом заданных технических требований;
Владеть навыками построения моделей микроволновых приборов и устройств;

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	Знать:	
3.1.1	численные методы и особенности проектирования электронно-оптических систем;	
3.1.2	принципы построения и функционирования электронно-оптических узлов;	
3.1.3	функциональные узлы и особенности конструирования и разработки электронно-оптических систем;	
3.2	Уметь:	
3.2.1	самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в области компьютерных методов расчета и проектирования ЭОС для целей совершенствования и разработки новых типов электронных приборов и устройств;	
3.2.2	моделировать и проектировать функциональные узлы электронно-оптических систем с учетом заданных технических требований;	
3.2.3	производить анализ научно-технических проблем в области проектирования электронно-оптических систем с учетом нормативных требований;	
3.2.4		
3.3	Владеть:	
3.3.1	методами работы с учебной, научной и монографической литературой, публикациями в научных журналах и сети Интернет в области САПР электронных приборов и устройств, способами осмысления и критического анализа научной информации, практического использования новых знаний и умений;	
3.3.2	навыками построения моделей электронно-оптических систем;	
3.3.3	современными информационными технологиями и программными комплексами для разработки проектно-конструкторской документации на электроннооптические системы и их функциональные узлы.	

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1. Раздел 1					
1.1	Введение /Тема/	2	0			

1.2	Предмет дисциплины и ее задачи. Основные этапы развития систем автоматизированного проектирования электронных приборов. Связь дисциплины с другими дисциплинами специальности. Вычислительный эксперимент: роль и этапы. Математические модели: классификация, требования, ограничения. Методы реализации математических моделей. Типы задач электронной оптики: полевые, траекторные, самосогласованные. Особенности конструкций электронно-оптических систем (ЭОС). Основные элементы ЭОС. Конструкции электронных пушек. Сеточное управление током пучка. Конструкции маг-нитных фокусирующих систем. Однородные и реверсные магнитные поля. Конструкции кол-лекторных систем. Использование рекуперации. Многолучевые ЭОС: преимущества и недостатки. /Лек/	2	2	ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.3	Интерфейс среды MatLAB и модуля pdetool /Пр/	2	2	ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.4	Особенности конструкций электронно-оптических систем. Подготовка к практическим занятиям Изучение конспекта лекций. /Ср/	2	6	ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.5	Математическое моделирование полевых задач /Тема/	2	0			

1.6	Типы физических полей. Численные методы расчета электростатических полей. Уравнение Лапласа и Пуассона. Классификация краевых задач. Задание граничных условий. Метод конечных разностей. Конечно-разностный аналог уравнения Лапласа и Пуассона. Итерационные методы решения системы конечно-разностных уравнений. Метод одномерной прогонки. Метод продольно-поперечных прогонок Писмана-Ракфорда. Метод конечных элементов. Метод функции Грина. Метод интегральных уравнений. Сравнение рассмотренных методов, области применения при расчете ЭП. Численные методы моделирования магнитных полей. Типы магнитных полей. Расчет собственных полей потоков заряженных частиц, уравнения Максвелла, понятие о векторном магнитном потенциале. Приближенный расчет собственных магнитных полей. Расчет внешних магнитных полей, понятие о скалярном магнитном потенциале, использование метода конечных разностей для расчета магнитных полей в системе полюсных наконечников и экранов. Экспериментальные методы измерения двухмерных и трехмерных магнитных полей с использованием датчиков Холла. Расчет внешнего магнитного поля в параксиальном приближении по его осевому распределению. Расчет трехмерных магнитных полей. Расчет тепловых полей. Уравнение теплопроводности. Особенности задания граничных условий. Численный расчет тепловых полей методом конечных элементов в системе MatLAB. Алгоритмы автоматической триангуляции расчетной области. Управление параметрами регуляризации и переопределения конечно-элементной сетки. Визуализация полей. /Лек/	2	4	ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.7	Расчет электрических полей в модуле pdetool системы MatLAB Расчет магнитных полей в модуле pdetool системы MatLAB Расчет тепловых полей в модуле pdetool системы MatLAB Решение нестационарных задач в модуле pdetool системы MatLAB /Пр/	2	8	ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.8	Численные методы расчета электрических, магнитных и тепловых полей. Подготовка к практическим занятиям Изучение конспекта лекций. /Ср/	2	14	ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.9	Математические модели физических процессов в ЭОС /Тема/	2	0			

1.10	Моделирование процессов движения заряженных частиц. Уравнения движения в форме Ньютона. Сведение системы дифференциальных уравнений второго порядка к системе уравнений первого порядка. Методы численного интегрирования уравнений движения: метод Эйлера, модифицированный метод Эйлера, итерационный метод Эйлера-Коши, методы Рунге-Кутты, метод Адамса-Штермера, оценка погрешностей. Рекомендации по выбору методов при расчете траекторий. Моделирование процессов эмиссии и инжекции. Расчет тока термоэмиссии с катодов произвольной формы. Учет минимума потенциала у катода. Расчет сеточной характеристики. Расчет тока автоэмиссии. Расчет токоотбора в плазменных источниках. Инжекция заряженных частиц в вакуумный канал. Учет тепловых скоростей. Модели потоков заряженных частиц. Классификация моделей. Модели электронных потоков для расчета статических процессов: модель трубок тока, понятие о "контрольных электронах", двумерная и трехмерная модели потока из деформирующихся элементов. Расчет распределения пространственного заряда в дискретной модели электронного потока в стационарном режиме. Учет ионного фона. Моделирование учета релятивистских эффектов. Учет поправки на массу. Учет собственных магнитных полей в двумерной и трехмерной моделях потока. Учет собственных магнитных полей в многолучевых потоках. Тестовые задачи. Моделирование процессов вторичной эмиссии. Моделирование распределения тепловой нагрузки по поверхности коллектора. /Лек/	2	4	ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.11	Расчет прямооточных электронных пушек. Расчет электронных пушек с мелкоструктурными элементами. Расчет электронных пушек с учетом релятивистских эффектов. Расчет электронных пушек с учетом тепловых скоростей. /Лаб/	2	8	ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен, Лабораторная работа
1.12	Моделирование процессов движения заряженных частиц, процессов эмиссии и инжекции частиц, модели потоков заряженных частиц, моделирование релятивистских эффектов и вторичной эмиссии. Изучение инструкций к программам. /Ср/	2	16	ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.13	Программное обеспечение автоматизированного расчета ЭОС /Тема/	2	0			

1.14	Требования к пакетам прикладных программ (ППП). Программы анализа для расчета электрических, магнитных и тепловых полей. Классы решаемых задач. Основные характеристики ППП. Программы синтеза, анализа и оптимизации электронно-оптических систем. Решение внутренней и внешней задачи синтеза. Блок-схема программы синтеза электронных пушек. Методика сквозного расчета ЭОС по областям. Алгоритм и блок-схема решения самосогласованной задачи анализа. Метод последовательных приближений. Основные характеристики ППП для решения задач двумерного и трехмерного траекторного анализа ЭОС. Особенности расчета пушек с сеточным управлением. Особенности расчета ЭОС со сверхвысокой сходимостью. Особенности расчета коллекторных систем. Автоматизации задания геометрии ЭОС. Математическое описание геометрии ЭОС в двумерном и трехмерном случаях. Универсальное, уравнение поверхности. Разбиение расчетного пространства на подобласти. Разработка средств визуализации результатов численного моделирования ЭОС. Алгоритм визуализации электрических и магнитных полей. Построение геометрии и траекторий. Распределение плотности тока по катоду и сечениям пучка. Визуализация результатов трехмерного анализа ЭОС. Использование САПР. Разработка интерфейса прикладных программ. Требования к интерфейсу. Средства визуального программирования интерфейса. Программные комплексы Comsol Multiphysics. Характеристика системы 3D-моделирования CST Particle Studio. Пакет моделирования MAFIA-4. /Лек/	2	4	ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.15	Расчет электронных пушек по программе трехмерного анализа. Расчет пушек с криволинейной оптикой. Расчет электронной пушки с учетом поперечного магнитного поля. Расчет пучка в пролетном канале с учетом поперечного магнитного поля. Трехмерный анализ коллекторных систем. Сквозной расчет ЭОС от катода до коллектора с трехмерным магнитным полем. Расчет многолучевых ЭОС с учетом собственных магнитных полей. /Лаб/	2	8	ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.16	Изучение конспекта лекций. Изучение инструкций к программам. /Ср/	2	16	ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен

1.17	Расчет электронных пушек методом синтеза. Сквозной расчет ЭОС по про-грамме двумерного анализа. /Пр/	2	6	ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.18	Заключение /Тема/	2	0			
1.19	Перспективы развития систем автоматизированного проектирования ЭОС с использованием суперкомпьютеров, технологий распараллеливания, облачных вычислений. /Лек/	2	2	ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.20	Изучение конспекта лекций. Подготовка к экзамену. /Ср/	2	8,3	ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
	Раздел 2. Раздел 2					
2.1	ИКР /Тема/	2	0			
2.2	ИКР /ИКР/	2	0,65	ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4	Экзамен
2.3	Кнс /Тема/	2	0			
2.4	Консультирование перед экзаменом и практикой /Кнс/	2	2	ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4	Экзамен
2.5	КПКР /Тема/	2	0			

2.6	Письменная работа на курсе /КПКР/	2	15,7	ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
2.7	Экзамен /Тема/	2	0			
2.8	Экзамен /Экзамен/	2	53,35	ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Оценочные материалы по дисциплине "Расчет и проектирование электронно-оптических систем"").

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.1	Трошина, Г. В.	Численные расчеты в среде MatLab : учебное пособие	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2020, 72 с.	978-5-7782-4092-6, https://www.iprbookshop.ru/99243.html
Л1.2	Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалова Э. З.	Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения	Санкт-Петербург: Лань, 2022, 400 с.	978-5-8114-0799-6, https://e.lanbook.com/book/210437
Л1.3	Киреев В. И., Пантелеев А. В.	Численные методы в примерах и задачах	Санкт-Петербург: Лань, 2022, 448 с.	978-5-8114-1888-6, https://e.lanbook.com/book/212063
Л1.4	Нагаева И. А., Кузнецов И. А.	Основы математического моделирования и численные методы : учебное пособие для вузов	Санкт-Петербург: Лань, 2024, 204 с.	978-5-507-47347-2, https://e.lanbook.com/book/362324
Л1.5	Нагорнов А. Ю., Тютюнников Н. П.	Численные методы решения краевых задач : учебное пособие	Москва: МАИ, 2022, 95 с.	978-5-4316-0974-9, https://e.lanbook.com/book/383177

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.6	Трубицын А.А., Кочергин Э.Г.	Моделирование систем параксиальной электронной оптики : учеб. пособие	Рязань, 2022, 80с.	, 1
6.1.2. Дополнительная литература				
№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л2.1	Силадьи М.	Электронная и ионная оптика	М.:Мир, 1990, 639с.	5-03-001634-1, 1
Л2.2	Вержбицкий В.М.	Численные методы. Математический анализ и обыкновенные дифференциальные уравнения : Учеб. пособие	М.:Выш.шк., 2001, 382с.	5-06-003982-X, 1
Л2.3	Вержбицкий В.М.	Основы численных методов : Учеб.	М.:Выш.шк., 2002, 840с.	5-06-004020-8, 1
Л2.4	Поршнев С.В.	Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB : Учеб. пособие	М.:Горячая линия-Телеком, 2003, 592с.	5-93517-128-7, 1
Л2.5	Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н.	MATLAB 7	СПб.:БХВ-Петербург, 2005, 1082с.;CD-ROM	5-94157-494-0, 13
Л2.6	Силадьи М.	Электронная и ионная оптика	М.:Мир, 1990, 639с.	5-03-001634-1, 1
6.1.3. Методические разработки				
№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л3.1	Рыбачек В.П.	Методы математического моделирования. Графические функции системы MATLAB : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2013,	, https://elibrsr.eu.ru/ebs/download/1520
Л3.2	Федяев В.К., Рыбачек В.П., Соколовский Э.И.	Математические модели и автоматизированное проектирование электронных приборов : Метод. указ. к лаб. работам	Рязань, 1993, 60 с.	, 1
Л3.3	Федяев В.К., Рыбачек В.П., Юркин В.И.	Математические модели и САПР электронных приборов и устройств : Метод. указ. к лаб. работам	Рязань, 1989, 60с.	, 1
Л3.4	Горбатов Д.Н., Зуев А.В.	Сборник задач по электронной оптике	Рязань, 1999, 12с.	, 1

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"	
Э1	Электронно-библиотечная система «IPRBook». ЭБС издательства «IPRBook»
Э2	Электронно-библиотечная система «Лань». ЭБС издательства «Лань»
Э3	“Мастера Delphi ”
Э4	“Расчет движения частиц в Comsol”
Э5	“Partial differential equations”

6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Наименование	Описание
Операционная система Windows	Коммерческая лицензия
Kaspersky Endpoint Security	Коммерческая лицензия
Adobe Acrobat Reader	Свободное ПО
LibreOffice	Свободное ПО
Lazarus	Свободное ПО
MATLAB R2010b	Бессрочно. Matlab License 666252

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1	103 лабораторный корпус. учебная аудитория для проведения учебных занятий, компьютерный класс. Специализированная мебель (24 посадочных места), магнитно-маркерная доска. Мультимедиа проектор, 1 экран. ПК. Возможность подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ
---	---

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Методическое обеспечение дисциплины приведено в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Методические указания по дисциплине "Расчет и проектирование электронно-оптических систем").

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
КАФЕДРЫ

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Круглов Сергей
Александрович, Заведующий кафедрой ПЭЛ

13.10.25 17:31 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
ВЫПУСКАЮЩЕЙ
КАФЕДРЫ

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Круглов Сергей
Александрович, Заведующий кафедрой ПЭЛ

13.10.25 17:31 (MSK)

Простая подпись