

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им.
Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан _____ Матросов В.В.

« _____ » _____ 2021 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

**Электронная оптика мощных приборов
СВЧ диапазона**

(наименование дисциплины (модуля))

**Уровень высшего образования
Аспирантура**

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

**Направление подготовки / специальность
03.06.01 «Физика и астрономия»**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

**Направленность образовательной программы
Радиофизика**

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

**Квалификация (степень)
Исследователь. Преподаватель-
исследователь**

(бакалавр / магистр / специалист)

**Форма обучения
Очная**

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2021 г.

1. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы (ООП)

Дисциплина «Электронная оптика мощных приборов СВЧ диапазона» относится к числу профессиональных дисциплин, является дисциплиной выбора и изучается на втором году обучения в четвертом семестре.

Освоение дисциплины обучающимися опирается на знания, умения, навыки и компетенции, которые должны иметь выпускники бакалавриата и магистратуры радиофизического факультета, получившие хорошую аттестацию на экзаменах по общим курсам физики, классической электродинамики, математического анализа, дифференциальных уравнений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ООП (компетенциями выпускников)

Таблица 1

Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код формируемой компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-1 – Способность самостоятельно ставить научные задачи и формулировать новые идеи в области радиофизики (базовый этап)	З(ПК-1)-1 – знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях, знать основные способы и подходы при формировании активной среды мощных электронных приборов СВЧ с заданными свойствами. У(ПК-1)-1 – уметь определять наиболее актуальные направления исследований, уметь выбирать адекватные методы и системы формирования интенсивных электронных пучков. У(ПК-1)-2 – уметь самостоятельно формулировать новые научные задачи в области радиофизики и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки в области радиофизики и этапов профессионального роста, уметь самостоятельно предлагать новые способы формирования интенсивных электронных пучков для СВЧ генераторов и усилителей. У(ПК-1)-3 – уметь при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений, уметь решать практические задачи по проектированию систем формирования электронных пучков для источников электромагнитного излучения с заданными уровнями мощности и частоты излучения. В(ПК-1)-1 – владеть навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях, владеть навыками физической оптимизации параметров электронно-оптических систем. В(ПК-1)-2 – владеть навыками технологиями планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований, владеть навыками оценки времени проектирования систем формирования электронных пучков. В(ПК-1)-3 – владеть навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области радиофизики; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов; навыками выбора и использования наиболее адекватных методов аналитических оценок

	и последующего численного моделирования систем формирования электронных пучков.
<p>ПК-2 – Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению новых научных результатов с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта</p> <p>(базовый этап)</p>	<p>З(ПК-2)-1 – знать современное состояние науки в области радиофизики, знать основные тенденции в развитии и применении электронно-оптических систем.</p> <p>З(ПК-2)-2 – знать современные подходы к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов, знать способы обработки и анализа результатов теоретических расчетов скоростного и пространственного распределения в интенсивных электронных пучках.</p> <p>З(ПК-2)-3 – знать требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.</p> <p>У(ПК-2)-1 – уметь представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях.</p> <p>У(ПК-2)-2 – уметь представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу в виде удобном для практического использования.</p> <p>В(ПК-2)-1 – владеть навыками моделирования различных явлений в области радиофизики и оценки полученных результатов; навыками моделирования элементов электронно-оптических систем генераторов и усилителей СВЧ диапазона.</p> <p>В(ПК-2)-2 – владеть современными информационными и коммуникационными технологиями сбора теоретических и эмпирических данных, их анализа и представления полученных результатов исследования; навыками поиска и оценки с помощью телекоммуникационных систем возможных вариантов построения электронных пушек для СВЧ приборов.</p> <p>В(ПК-2)-3 – владеть методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности Радиофизика.</p>
<p>ПК-3 – Способность к внедрению научных достижений и разработок в области радиофизики</p> <p>(базовый этап)</p>	<p>З(ПК-3)-1 – знать нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР.</p> <p>З(ПК-3)-2 – знать требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях, знать порядок оформления рукописи по вопросам курса.</p> <p>У(ПК-3)-1 – уметь самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования и сопоставлять их с данными простейших физических моделей электронных пучков.</p> <p>У(ПК-3)-2 – уметь оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения.</p> <p>У(ПК-3)-3 – уметь готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области радиофизики.</p> <p>У(ПК-3)-4 – уметь представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.</p> <p>В(ПК-3)-1 – владеть навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика с использованием знаний по теории формирования и транспортировки интенсивных электронных пучков.</p> <p>В(ПК-3)-2 – владеть навыками представления научных результатов исследования в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях и заявок на изобретения.</p>

3. Структура и содержание дисциплины «Электронная оптика мощных приборов СВЧ диапазона»

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 36 часов составляют контактную работу обучающегося с преподавателем (35 часов занятия лекционного типа, 1 час мероприятия по аттестации) и 36 часов – самостоятельную работу аспиранта.

Таблица 2

Структура дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					
		Контактная работа, часов					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
1. Введение	4	2	-	-	-	2	2
2. Требования к параметрам электронных пучков	15	7	-	-	-	7	8
3. Сильноточные ускорители электронов для СВЧ электроники с взрывозмиссионными катодами	16	8	-	-	-	8	8
4. Электронно-оптические системы релятивистских МЦР	18	9	-	-	-	9	9
5. Электронно-оптические системы гиротронов	18	9	-	-	-	9	9
Аттестация по дисциплине – зачет	1	1	-	-	-	1	-
Итого	72	36	-	-	-	36	36

Таблица 3

Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
1	Введение	Предмет и задачи курса. Разделы курса	Лекции	-
2	Требования к параметрам электронных пучков	Механизмы энергообмена между пучком и электромагнитным полем и вытекающие из них требования к параметрам пучков. Требования к винтовым электронным пучкам МЦР. Адиабатические и неадиабатические системы формирования винтовых электронных пучков (ВЭП).	Лекции	выборочная проверка одного из разделов портфолио, предоставленного проверяющему по электронной почте
3	Сильноточные ускорители электронов для	Короткоимпульсные системы формирования ВЭП. Генерирование мощных импульсов с помощью	Лекции	выборочная проверка одного из

	СВЧ электроники с взрывоэмиссионными катодами	сильноточных ускорителей – СЭУ (первичный накопитель, промежуточные накопители, коммутаторы). Взрывная эмиссия: разогрев и взрыв острий, формирование микрорельефа поверхности катода, скорость разлета катодной плазмы, влияние магнитного поля на взрывную эмиссию. Разновидности диодов с взрывной эмиссией (с острийным катодом, планарный, коаксиальный диод с магнитной изоляцией). Предельный ток транспортировки и устойчивость пучка в канале транспортировки. Коллекторная плазма.		разделов портфолио, предоставленного проверяющему по электронной почте
4	Электронно-оптические системы релятивистских МЦР	Общая схема формирования ВЭП (формирование прямолинейного пучка с последующей раскачкой). Короткоимпульсные системы с взрывной эмиссией. Пушки с торцевым катодом и квазипирсовские системы. Проблема паразитной эмиссии. Способы снижения скоростного разброса (диафрагмирование и установка корректирующих магнитных линз). Достоинства и недостатки систем с взрывной эмиссией. Длинноимпульсные системы с термоэмиссионными катодами. Необходимость большой компрессии. Причины возникновения пульсаций в пучке. Принципы формирования пучков с бриллюэновским и добриллюэновским магнитным полем в канале транспортировки. Магнитное сопровождение пучка. Принцип работы и устройство системы накачки осцилляторной энергии (кикера). Допуски на величину пульсаций на входе в кикер.	Лекции	выборочная проверка одного из разделов портфолио, предоставленного проверяющему по электронной почте
5	Электронно-оптические системы гиротронов	Устройство и принципы работы ЭОС гиротрона (магнетронно-инжекторная пушка – МИП, переходная область, коллектор). Адиабатическая теория МИП. Формулы расчета МИП. Причины возникновения скоростного разброса. Результаты численного моделирования ЭОС (моноскоростная модель). Методика снижения позиционного скоростного разброса. Классификация пучков (ламинарный, пограничный, регулярно	Лекции	выборочная проверка одного из разделов портфолио, предоставленного проверяющему по электронной почте

		<p>пересекающийся, перемешанный) и влияние пространственного заряда на скоростной разброс в различных типах пучков. Зависимость разброса скоростей от тока пучка для различных типов пучков. Катодная неустойчивость. Результаты моделирования ВЭП на основе статической модели пучка с начальными скоростями. Обзор основных результатов моделирования МИП при учете отражения электронов от магнитного зеркала. Экспериментальное исследование винтовых электронных пучков. Магнетронно-инжекторные пушки гиротронов в режиме ограничения тока пространственным зарядом. Аналитическая модель диода в наклонном магнитном поле. Основные выводы и оценки. Экспериментальное исследование МИП в режиме ограничения тока пространственным зарядом.</p>		
--	--	--	--	--

4. Образовательные технологии

Еженедельно **текст** прочитанной лекции и соответствующие вопросы для контроля текущей успеваемости из списка **5.4** рассылаются по электронной почте обучающимся для стимулирования самостоятельной внеаудиторной работы и создания личного **портфолио** по дисциплине «**Электронная оптика мощных приборов СВЧ диапазона**».

5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

1. Еженедельный контроль посещаемости аудиторных занятий.
2. Как оценочный способ контроля самостоятельной работы аспирантов и одновременно разновидность интерактивного обучения используется форма выборочной проверки (в соответствии со **списком вопросов 5.4**) состояния отдельных частей индивидуального **портфолио** обучающегося не менее двух раз в течение семестра.
3. Трансляции по электронной почте на адреса всех аспирантов, изучающих дисциплину «**Электронная оптика мощных приборов СВЧ диапазона**», ответа преподавателя на индивидуальный вопрос (по программе дисциплины) одного из обучающихся.

4. Список вопросов для контроля текущей успеваемости

Написать необходимые выражения и объяснить содержание следующих **понятий**:

1. Разница между адиабатическими и неадиабатическими системами формирования электронных пучков.
2. Основные этапы развития взрывной эмиссии.
3. Способы снижения скоростного разброса в электронно-оптических системах релятивистских МЦР.
4. Причины возникновения пульсаций в электронном пучке для систем с большой компрессией магнитным полем.
5. Магнитное сопровождение пучка.

6. Принцип работы и устройство системы накачки осцилляторной энергии (кикера).
7. Причины возникновения скоростного разброса в МИП.
8. Классификация пучков в МИП (ламинарный, пограничный, регулярно пересекающийся, перемешанный) и влияние пространственного заряда на скоростной разброс в различных типах пучков. Зависимость разброса скоростей от тока пучка для различных типов пучков.
9. Влияние магнитного зеркала на качество винтовых электронных пучков.

6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования

Дисциплина «Электронная оптика мощных приборов СВЧ диапазона» вносит определённый долевой вклад в **формирование компетенций** выпускников Основной Образовательной Программы (ПК–1; ПК–2 и ПК–3), **которое** предусмотрено **утверждённым рабочим Учебным планом подготовки аспирантов** по направлению 03.06.01 Физика и астрономия и направленности 01.04.03 – «Радиофизика» на 2020 - 2021 учебный год. Содержание компетенций ПК–1; ПК–2 и ПК–3 с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, представлено в разделе 2 настоящей РПД. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования приведено в приложении 1.

6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания

Оценка результатов обучения в соответствии с **Учебным планом** производится на основании анализа предоставленных обучающимся документов его личного **портфолио**. Оценивание компетенций обучающегося на всех стадиях их формирования осуществляется **по пятибалльной шкале**. Показатели и критерии оценивания компетенций, которые формируются у обучающихся в процессе изучения дисциплины, представлены в таблицах Приложения 1, являющегося неотъемлемой частью РПД.

6.3. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.

1. Разница между адиабатическими и неадиабатическими системами формирования электронных пучков.
2. Основные этапы развития взрывной эмиссии.
3. Способы снижения скоростного разброса в электронно-оптических системах релятивистских МЦР.
4. Причины возникновения пульсаций в электроном пучке для систем с большой компрессией магнитным полем.
5. Магнитное сопровождение пучка.
6. Принцип работы и устройство системы накачки осцилляторной энергии (кикера).
7. Причины возникновения скоростного разброса в МИП.
8. Классификация пучков в МИП (ламинарный, пограничный, регулярно пересекающийся, перемешанный) и влияние пространственного заряда на скоростной разброс в различных типах пучков. Зависимость разброса скоростей от тока пучка для различных типов пучков.
9. Влияние магнитного зеркала на качество винтовых электронных пучков.

Для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенции (части компетенции) **ПК-1**, используются следующие вопросы из вышеприведенного списка:

7,9.

Для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенции (части компетенции) **ПК-2**, используются следующие вопросы из вышеприведенного списка: 1-7.

Для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенции (части компетенции) **ПК-3**, используются следующие вопросы из вышеприведенного списка: 3-5.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Электронная оптика мощных приборов СВЧ диапазона»

а) Основная литература:

1. Вайнштейн Л. А. - Электромагнитные волны. - М.: Радио и связь, 1988. - 440 с.
2. Каценеленбаум Б. З. - Теория нерегулярных волноводов с медленно меняющимися параметрами. - М.: Изд-во АН СССР, 1961. - 216 с.
3. Современные численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. (Под ред. Дж. Холла и Дж. Уатта). М.: Мир, 1979, 640 стр.

б) Дополнительная литература:

1. Алямовский И. В. - Электронные пучки и электронные пушки. - М.: Советское радио, 1966. - 456 с.
2. Ильин В. П. - Численные методы решения задач электрофизики. - М.: Наука, 1985. - 334 с.
3. Марчук Г. И. - Методы вычислительной математики: [учеб. пособие для вузов по специальности "Приклад. математика"]. - М.: Наука, 1980. - 535 с.

в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Электронно-библиотечные системы (электронная библиотека):

<http://e.lanbook.com/>;

<http://www.biblioclub.ru>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории, компьютерным оборудованием. Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие программе дисциплины.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Автор _____ В.Н. Мануилов

Рецензент _____ Н.Д. Миловский

Зав. кафедрой квантовой радиофизики и электроники _____ С.А. Бельков

Программа рекомендована на заседании кафедры квантовой радиофизики и электроники от _____ года, протокол № ____.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от _____ 2021 года, протокол № ____.

Карты компетенций, в формировании которых участвует дисциплина

Дисциплина «Электронная оптика мощных приборов СВЧ диапазона» вносит долевой вклад в *формирование профессиональных компетенций ПК–1; ПК–2 и ПК–3* выпускников Основной Образовательной Программы аспирантуры по направлению 03.06.01 Физика и астрономия и **направленности 01.04.03 – «Радиофизика»**. В настоящем Приложении 1 представлены **шифры планируемых результатов обучения** (см раздел 2 РПД) и **критерии оценивания результатов обучения**.

ПК-1 Способность самостоятельно ставить научные задачи и формулировать новые идеи в области радиофизики

Шифры планир. результатов	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
З(ПК-1)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, методов формирования электронных пучков для мощных источников электромагнитного излучения	Общие, но не структурированные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач и основных классов электронно-оптических систем, используемых для формирования электронных пучков в СВЧ приборах	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных. Хорошо структурированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных классов электронно-оптических систем, используемых для формирования электронных пучков в СВЧ приборах и основных физических процессов, в них происходящих	Сформированные системные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных. Полные, хорошо структурированные знания об основных типах электронно-оптических систем и соответствующих параметрах электронных пучков, используемых в мощных СВЧ приборах
У(ПК-1)-1	Отсутствие умений	Частично освоенное умение определять наиболее актуальные направления исследований и умение классифицировать типы электронно-оптических систем	В целом успешное, но не систематическое использование умения определять наиболее актуальные направления исследований, а также умение классифицировать типы электронно-оптических систем и на этой основе поиск наиболее приемлемых систем для реализации направления намеченных исследований	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения определять наиболее актуальные направления исследований, базирующееся на знании физики процессов формирования электронных пучков при различной конфигурации электрического и магнитного полей	Сформированное умение определять наиболее актуальные направления исследований, базирующееся как на знании классификации электронно-оптических систем, так и физики происходящих в них процессов.

У(ПК-1)-2	Не умеет и не готов формулировать новые научные задачи в области теории и проектирования электронно-оптических систем для мощных СВЧ источников излучения	Имея базовые представления о тенденциях развития науки в области теории электронно-оптических систем, не способен сформулировать новые научные задачи по формированию электронных пучков и предполагаемые методы их решения	При формулировке новых научных задач в области теории и проектирования электронно-оптических систем не учитывает тенденции развития новых подходов в проектирования систем формирования электронных пучков для мощных СВЧ приборов	Формулирует новые научные задачи в области расчета и проектирования и расчета электронно-оптических систем, исходя из тенденций развития науки и индивидуально-личностных особенностей, но не полностью учитывает возможные этапы профессиональной деятельности	Готов и умеет формулировать новые научные задачи в области теории и практического применения методов формирования электронных пучков, исходя из тенденций развития науки в области радиофизики, этапов профессионального роста, индивидуально-личностных особенностей
У(ПК-1)-3	Отсутствие умений	Частично освоенное умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений.	В целом успешное, но не систематическое осуществляемое умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений	Сформированное умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений
В(ПК-1)-1	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, а также задач по физической оптимизации параметров электронно-оптических систем.	В целом успешное, но не систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, а также задач по физической оптимизации параметров электронно-оптических систем.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, а также задач по физической оптимизации параметров электронно-оптических систем.	Успешное и систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, а также задач по физической оптимизации параметров электронно-оптических систем.
В(ПК-1)-2	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение технологий планирования профессиональной деятельности и навыков оценки времени проектирования систем формирования электронных пучков.	В целом успешное, но не систематическое применение технологий планирования профессиональной деятельности и навыков оценки времени проектирования систем формирования электронных пучков.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение технологий планирования профессиональной деятельности и навыков оценки времени проектирования систем формирования электронных пучков.	Успешное и систематическое применение технологий планирования профессиональной деятельности и навыков оценки времени проектирования систем формирования электронных пучков.

В(ПК-1)-3	Отсутствие навыков	Фрагментарное владение отдельными навыками анализа радиофизических задач, навыками выбора и использования наиболее адекватных методов аналитических оценок и последующего численного моделирования систем формирования электронных пучков.	В целом успешное, но не систематическое владение основными навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области радиофизики; основными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов систем формирования электронных пучков	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение основными навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области радиофизики; основными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов систем формирования электронных пучков	Успешное и систематическое владение навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области радиофизики; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов систем формирования электронных пучков
-----------	--------------------	--	--	--	---

ПК-2 Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению новых научных результатов с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта

Шифры план. пр. результатов	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
3(ПК-2)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области радиофизики. Имеет частичное представление об основных тенденциях в развитии и применении электронно-оптических систем.	Неполные представления о современном состоянии науки в области радиофизики и основных тенденциях в развитии электронно-оптических систем.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области радиофизики и об основных тенденциях в развитии и применении электронно-оптических систем.	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области радиофизики и об основных тенденциях в развитии и применении электронно-оптических систем.
3(ПК-2)-2	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области радиофизики, и оценке полученных результатов, а также способах обработки и анализа результатов расчетов электронно-оптических систем.	В целом успешные, но несистемные представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов, а также способах обработки и анализа результатов расчетов электронно-оптических систем.	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов, а также способах обработки и анализа результатов расчетов электронно-оптических систем.	Сформированные систематические представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов, а также способах обработки и анализа результатов расчетов электронно-оптических систем.

З(ПК-2)-3	Отсутств ие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях
У(ПК-2)-1	Отсутств ие умений	Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированное умение использовать методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях
У(ПК-2)-2	Отсутств ие умений	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов	В целом успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности
В(ПК-2)-1	Отсутств ие навыков	Фрагментарное применение навыков моделирования различных явлений в области радиофизики, моделирования элементов электронно-оптических систем генераторов и усилителей СВЧ диапазона и оценки полученных результатов.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков моделирования различных явлений в области радиофизики, моделирования элементов электронно-оптических систем генераторов и усилителей СВЧ диапазона и оценки полученных результатов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков моделирования различных явлений в области радиофизики, моделирования элементов электронно-оптических систем генераторов и усилителей СВЧ диапазона и оценки полученных результатов	Успешное и систематическое применение навыков моделирования различных явлений в области радиофизики, моделирования элементов электронно-оптических систем генераторов и усилителей СВЧ диапазона и оценки полученных результатов
В(ПК-2)-2	Отсутств ие навыков	Фрагментарное применение современных информационных и коммуникационных технологий сбора теоретических и эмпирических данных необходимых для построения электронных пушек СВЧ приборов, их анализа и представления полученных результатов.	В целом успешное, но не систематическое применение современных информационных и коммуникационных технологий сбора теоретических и эмпирических данных необходимых для построения электронных пушек СВЧ приборов, их анализа и представления полученных результатов исследования	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение современных информационных и коммуникационных технологий сбора теоретических и эмпирических данных необходимых для построения электронных пушек СВЧ приборов, их анализа и представления полученных результатов исследования	Успешное и систематическое применение современных информационных и коммуникационных технологий сбора теоретических и эмпирических данных необходимых для построения электронных пушек СВЧ приборов, их анализа и представления полученных результатов исследования

В(ПК-2)-3	Отсутств ие навыков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения полученных результатов; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР
-----------	---------------------------	---	---	--	--

**ПК-3 Способность к внедрению научных достижений и разработок в области
радиофизики**

Шифр ы планир. результ атов	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
З(ПК-3)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Неполные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные систематические знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР
З(ПК-3)-2	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилах оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	Общие представления о требованиях к содержанию и правилах оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилах оформления рукописей, наличие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилах оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях
У(ПК-3)-1	Отсутствие умений	Фрагментарное использование умения самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования и сопоставлять их с данными простейших физических моделей электронных пучков.	В целом успешное, но не систематическое использование умения самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования и сопоставлять их с данными простейших физических моделей электронных пучков	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования и сопоставлять их с данными простейших физических моделей электронных пучков	Сформированное умение самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования и сопоставлять их с данными простейших физических моделей электронных пучков
У(ПК-3)-2	Отсутствие умений	Фрагментарное использование умения оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения	В целом успешное, но не систематическое использование умения оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения	Сформированное умение оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения

(ПК-3)-3	Отсутствие умений	Умение готовить отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению научного руководителя	В целом успешное, но не систематическое использование умения готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов, а также оформлять проект согласно установленным требованиям	Сформированное умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложения с точки зрения реалистичности сроков, трудозатрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно установленным требованиям
(ПК-3)-4	Отсутствие умений	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности
В(ПК-3) -1	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика с использованием знаний по теории формирования и транспортировки интенсивных электронных пучков.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика с использованием знаний по теории формирования и транспортировки интенсивных электронных пучков.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика с использованием знаний по теории формирования и транспортировки интенсивных электронных пучков.	Успешное и систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика с использованием знаний по теории формирования и транспортировки интенсивных электронных пучков.
В(ПК-3)-2	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков представления научных результатов исследования в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях и заявок на изобретения	В целом успешное, но не систематическое применение навыков представления научных результатов исследования в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях и заявок на изобретения	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков представления научных результатов исследования в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях и заявок на изобретения	Сформированное владение навыками представления научных результатов исследования в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях и заявок на изобретения