

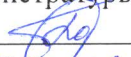
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»


КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

СОГЛАСОВАНО

Директор института  
магистратуры и аспирантуры

 О.А. Бодров  
« 26 » 06 2020 г.


Заведующий кафедрой Общей и  
экспериментальной физики

 М.В. Дубков  
« 26 » 06 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по РОПиМД



 А.В. Корячко  
2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**ДИСЦИПЛИНЫ**

**К.М.01.ДВ.03.02 «ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ**

**В ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРАХ»**

**Направление подготовки – 03.06.01 Физика и астрономия  
ОПОП – «Приборы и методы экспериментальной физики»**

**Квалификация выпускника – Исследователь. Преподаватель-  
исследователь**

**Формы обучения – очная, заочная**

**Рязань 2020**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (подготовка кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 г. № 867.

Разработчик  
Доцент кафедры  
Общей и экспериментальной физики,  
к.т.н., доцент



В.В. Иванов

Программу обсуждена и одобрена на заседании кафедры Общей и экспериментальной физики,  
протокол № 8 от «25» июня 2020 г.

Заведующий кафедрой  
Общей и экспериментальной физики,  
д.т.н., доцент



М.В. Дубков

# **1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Рабочая программа по дисциплине «Физические процессы в электронных приборах» является составной частью основной профессиональной образовательной программы «Приборы и методы экспериментальной физики» по направлению подготовки кадров высшей квалификации 03.06.01 Физика и астрономия, разработанной в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (подготовка кадров высшей квалификации), утвержденным приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 г. № 867.

Целями освоения дисциплины «Физические процессы в электронных приборах» являются изучение основных физико-технических явлений и устройств для формирования электронных и ионных потоков, методов измерения параметров и характеристик пучков заряженных частиц, расчета основных явлений, приобретение навыков анализа явлений в конкретных условиях.

В задачи дисциплины входит:

- изучение математических моделей устройств для формирования электронных и ионных потоков, основанных на фундаментальных основах физики и методов их практического использования;
- расширение научного кругозора и эрудиции аспирантов, овладение методами теоретического описания и основными математическими моделями физических процессов в электронных устройствах;
- совершенствование навыков постановки численного эксперимента по измерению параметров и характеристик пучков заряженных частиц, применения современных экспериментальных методик и информационно-коммуникационных технологий;
- совершенствование навыков моделирования физических процессов в электронных приборах с использованием современных информационно-коммуникационных технологий;
- совершенствование навыков профессионального изложения научного, экспериментального и теоретического материала в виде докладов, презентаций, научных публикаций; умения теоретически обосновать явления, обусловленные физическими процессами в электронных приборах;
- совершенствование навыков организации научно-исследовательской и научно-методической работы;
- применение приобретенных теоретических и практических знаний для решения конкретных задач при подготовке выпускных работ, в научно-исследовательской, а также дальнейшей профессиональной деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать** физико-технические основы электронной оптики, способы формирования и измерения электронных и ионных потоков, физические процессы и явления, законы и концепции и примеры их использования в приборах;

**уметь** применять полученные знания для анализа явлений и расчета процессов при решении конкретных задач;

**владеть** практическими навыками применения устройств электронной оптики.

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Коды компетенций	Результаты освоения ОПОП Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<p><b>Знать:</b> инновационные и вариативные концепции, модели, технологии и приемы организации и проведения экспериментальных исследований в области физики с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p> <p><b>Уметь:</b> применять на практике основные приемы организации и проведения экспериментальных исследований в области физики, современные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии, анализировать экспериментальные результаты и обосновывать полученные выводы.</p> <p><b>Владеть:</b> методами организации и проведения экспериментальных исследований в области физики с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>
ПК-1	Способность модернизировать известные и разрабатывать новые методики и методы физических измерений	<p><b>Знать:</b> основные принципы и методы измерений физических величин, основанных на современных достижениях в различных областях физики.</p> <p><b>Уметь:</b> модернизировать известные и разрабатывать новые методики измерений физических величин.</p> <p><b>Владеть:</b> методологией модернизации и разработки новых методик измерений физических величин.</p>
ПК-3	Способность моделировать физические явления и процессы в	<p><b>Знать:</b> методы и приемы моделирования физических явлений и процессов в электронных приборах с использованием современных информационно-коммуникационных технологий.</p>

	электронных приборах с использованием современных информационно-коммуникационных технологий	<p><u>Уметь:</u> моделировать физические явления и процессы в электронных приборах с использованием современных информационно-коммуникационных технологий.</p> <p><u>Владеть:</u> методами и приемами моделирования физических явлений и процессов в электронных приборах с использованием современных информационно-коммуникационных технологий</p>
ПК-4	Способность обрабатывать и интерпретировать экспериментальные результаты исследования физических процессов с использованием современных информационно-коммуникационных технологий	<p><u>Знать:</u> концепции, модели, технологии и приемы организации и проведения экспериментальных исследований с применением современных средств и методов обработки и представления экспериментальных данных на основе информационно-коммуникационных технологий.</p> <p><u>Уметь:</u> обрабатывать и интерпретировать экспериментальные результаты исследования физических процессов с использованием современных информационно-коммуникационных технологий.</p> <p><u>Владеть:</u> методами и приемами обработки и интерпретации экспериментальных результатов исследования физических процессов с использованием современных информационно-коммуникационных технологий на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение</p>

## 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП И СРОКИ ПРОВЕДЕНИЯ

Дисциплина «Физические процессы в электронных приборах» (К.М.01.ДВ.03.02) относится к вариативной части блока 1 дисциплин (модулей) по выбору учебного плана направления подготовки – 03.06.01 «Физика и астрономия»; ОПОП «Приборы и методы экспериментальной физики».

Дисциплина изучается аспирантами по очной форме обучения на 3-м курсе, в 6-м семестре, по заочной - на 4-м курсе.

Объем составляет 72 часа (2 зачетных единицы) по очной и заочной формам обучения.

До начала изучения дисциплины обучающиеся должны:

**знать:**

- фундаментальные физические законы и процессы;
- основные тенденции развития и проблемы в области экспериментальной физики;

**уметь:**

- осуществлять поиск источников литературы с привлечением современных информационных технологий;
- составлять математические уравнения известных физических законов;

**владеть:**

- базовой терминологией;
- методологическими основами математического моделирования.

Дисциплина «Физические процессы в электронных приборах» является основой для подготовки научно-квалификационной работы аспиранта.

### **3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы (72 часа).

Вид учебной работы	Всего часов	
	Очная форма	Заочная форма
Общая трудоёмкость дисциплины, в том числе:	72	72
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	26,25	12,25
Лекции	18	6
Практические занятия	8	6
Консультации	-	
ИКР	0,25	0,25
Самостоятельная работа	37	56
Контроль	8,75	3,75

### **4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ**

#### **4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)**

Раздел	Содержание
1. Введение.	Электровакuumные приборы: достоинства и перспективы развития. Электронно-оптические системы (ЭОС). Классификация, основные параметры и характеристики электронных потоков. Общие схемы построения ЭОС и области их применения.
2. Проектирование	Постановка и методы решения основной задачи

ЭОС.	электронной оптики. Геометрическая и волновая оптика; релятивистское и нерелятивистское движение микрочастиц; границы применимости, соотношение неопределённостей. Оптика и баллистика. Методы синтеза и анализа. Используемые приближения. Закон сохранения энергии в электронной оптике. Определение параметров электрических и магнитных полей. Моделирование и макетирование электронно-оптических систем.
3. Методы измерения пучков.	Классификация и общая характеристика методов. Моделирующие среды и устройства. Анализаторы электронных пучков. Метод составного коллектора. Метод зондирования потока. Метод фоторегистрации и другие качественные и количественные методы.
4. Действие пространственного заряда в пучках.	Сила пространственного заряда. Контур расхождения; пучков. Провисание потенциала. Ограничение тока в пучках.
5. Электронные пушки.	Пушка Пирса. Расчет геометрии фокусирующего электрода. Действие анодного отверстия. Особенности практической конструкции пушки. Формирование сходящихся пучков и их достоинства. Пушки с повышенным первеансом. Проблема повышения первеанса. Пушки Мюллера, Хейля и др. Триодные пушки. Магнетронно-инжекторная пушка. Управляемые пушки.
6. Формирование многолучевых пучков.	Методы формирования. Решение проблемы повышения первеанса. Ограничение размеров электронных потоков. Транспортировка и фокусировка пучков в канале отверстия сетки с помощью электростатических и магнитных полей. Миниатюризация ЭВП.
7. Ионные источники.	Основные параметры и требования. Источники с разрядом Пеннинга. Источники с ВЧ разрядом. Дуоплазмотрон.

#### 4.2. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

##### Очная форма обучения

Темы	Общая трудоемкость	Контактная работа аспирантов с преподавателем					Контроль	Самостоятельная работа
		Всего	Лекции	Практические занятия	Консультации	ИКР		
Введение.	3	2	2					1

Проектирование ЭОС.	12	6	4	2				6
Методы измерения пучков.	10	4	2	2				6
Действие пространственного заряда в пучках.	11	5	4	1				6
Электронные пушки.	9	3	2	1				6
Формирование многолучевых пучков.	9	3	2	1				6
Ионные источники.	9	3	2	1				6
	9	0,25				0,25	8,75	
Всего	72	50,25	18	8	-	0,25	8,75	37

#### Заочная форма обучения

Темы	Общая трудоемкость	Контактная работа аспирантов с преподавателем					Контроль	Самостоятельная работа
		Всего	Лекции	Практические занятия	Консультации	ИКР		
Введение.	2,5	0,5	0,5					2
Термоэлектронная эмиссия.	11	2	1	1				9
Фотоэлектронная эмиссия.	11	2	1	1				9
Вторичная электронная эмиссия.	11	2	1	1				9
Термоионная эмиссия	11	2	1	1				9
Автоэлектронная (полевая) эмиссия.	11	2	1	1				9
Экзоэлектронная эмиссия.	10,5	1,5	0,5	1				9
	4	0,25				0,25	3,75	
Всего	72	12,25	6	6	-	0,25	3,75	56



## **5 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебно-методическое обеспечение дисциплины включает в себя пособия, рекомендованные для самостоятельной работы аспиранта, инструкции по эксплуатации исследовательского оборудования.

Во время изучения дисциплины аспирант осуществляет сбор, обработку и систематизацию фактического и литературного материала к научно-квалификационной работе, подготовку к сдаче зачета.

## **6 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине представлен в виде оценочных материалов и приведен в Приложении.

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

*а) основная:*

1. Силадьи М. Электронная и ионная оптика. – М.: Мир, 1990. – 638 с.
2. Алямовский И.В. Электронные пучки и электронные пушки. – М.: Сов. радио, 1966. – 456 с.
3. Молоковский С. И., Сушков А.Д. Интенсивные электронные и ионные пучки. – Л.: Энергия, 1972. – 272 с.

*б) дополнительная:*

1. Вольник Г. Оптика заряженных частиц. – С.-Пб., Энергоатомиздат, 1992. – 280 с.
2. Татур Т.А. Основы теории электромагнитного поля. – М.: ВШ, 1989. – 270 с.
3. Кирштейн П.Т. Формирование электронных пучков / Кирштейн П.Т., Кайно Г.С., Уотерс У.Е. – М.: Мир, 1970. – 600 с.
4. Кельман В.М. Электронная оптика / Кельман В.М., Явор С.Я. – Л.: Наука 1968. – 487 с.
5. Зинченко Н.С. Курс лекций по электронной оптике. – Харьков: Изд-во ХГУ, 1961. – 362 с.

## **8. РЕСУРСЫ ИНФОРМАЦИОННО–ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ ИНТЕРНЕТ, БАЗЫ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫЕ И ПОИСКОВЫЕ СИСТЕМЫ**

Обучающимся предоставлена возможность индивидуального доступа к следующим электронно-библиотечным системам:

– Электронно-библиотечная система «Лань», режим доступа – с любого

компьютера РГРТУ без пароля. – URL: <https://e.lanbook.com/>

– Электронно-библиотечная система «IPRbooks», режим доступа – с любого компьютера РГРТУ без пароля, из сети интернет по паролю. – URL: <https://iprbookshop.ru/>.

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### ***Работа обучающегося на лекции***

Только слушать лекцию и записывать за лектором все, что он говорит, недостаточно. В процессе лекционного занятия обучающийся должен выделять важные моменты, выводы, анализировать основные положения. Прослушанный материал лекции аспирант должен проработать. От того, насколько эффективно он это сделает, зависит и прочность усвоения знаний, и, соответственно, качество восприятия предстоящей лекции, так как он более целенаправленно будет её слушать. Необходим систематический труд в течение всего семестра.

При написании конспекта лекций следует придерживаться следующих правил и рекомендаций.

1. Конспект нужно записывать «своими словами» лишь после того, как излагаемый лектором тезис будет вами дослушан до конца и понят.

2. При конспектировании следует отмечать непонятные, на данном этапе, места; записывать те пояснения лектора, которые показались особенно важными.

3. При ведении конспекта рекомендуется вести нумерацию разделов, глав, формул (в случае, если лектор не заостряет на этом внимание); это позволит при подготовке к сдаче зачета не запутаться в структуре лекционного материала.

4. Рекомендуется в каждом более или менее законченном пункте выразить свое мнение, комментарий, вывод.

При изучении лекционного материала у аспиранта могут возникнуть вопросы. С ними следует обратиться к преподавателю после лекции.

В заключение следует отметить, что конспект каждый аспирант записывает лично для себя. Поэтому конспект надо писать так, чтобы им было удобно пользоваться.

### ***Подготовка к практическим занятиям***

Практические занятия по изучению материала дисциплины существенно дополняют лекции. В процессе анализа материала аспиранты расширяют и углубляют знания, полученные из лекционного курса и учебников, учатся глубже понимать физические законы и процессы, разбираться в их особенностях, границах применения, приобретают умение применять общие закономерности к конкретным случаям. В процессе практических занятий вырабатываются навыки применения вычислительной техники, работы со справочной литературой, таблицами.

В часы самостоятельной работы аспиранты должны рассматривать вопросы, с которыми они не успели разобраться во время аудиторных занятий..

Отсутствие спешки на таких занятиях (которая нередко бывает на учебных занятиях из-за недостатка времени и напряженности рабочего плана) несомненно должно дать положительный эффект.

### ***Подготовка к сдаче зачета***

Зачет – форма промежуточной проверки знаний, умений, навыков, степени освоения дисциплины.

Главная задача зачета состоит в том, чтобы у аспиранта из отдельных сведений и деталей составилось представление об общем содержании соответствующей дисциплины, стала понятной методика предмета, его система. Готовясь к зачету, аспирант приводит в систему знания, полученные на лекциях, на практических занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью.

На зачете оцениваются:

- 1) понимание и степень усвоения теории;
- 2) методическая подготовка;
- 3) знание фактического материала;
- 4) знакомство с основной и дополнительно литературой, а также с современными публикациями по данному курсу;
- 5) умение приложить теорию к практике;
- 6) знакомство с историей науки;
- 7) логика, структура и стиль ответа, умение защищать выдвигаемые положения.

Но значение зачетов не ограничивается проверкой знаний. Являясь естественным завершением работы аспиранта, они способствуют обобщению и закреплению знаний и умений, приведению их в строгую систему, а также устранению возникших в процессе занятий пробелов.

Подготовка к зачету не должна ограничиваться беглым чтением лекционных записей, даже, если они выполнены подробно и аккуратно. Механического заучивания также следует избегать, поскольку его нельзя назвать учением уже потому, что оно создает внутреннее сопротивление какому бы то ни было запоминанию и, конечно, уменьшает память. Более надежный и целесообразный путь – это тщательная систематизация материала при вдумчивом повторении, запоминании формулировок, установлении внутрисубъектных связей, увязке различных тем и разделов, закреплении путем решения задач.

Подготовку к зачетам следует начинать с общего планирования своей деятельности в период промежуточной аттестации, с определения объема материала, подлежащего проработке. Необходимо внимательно сверить свои конспекты с программой, чтобы убедиться, все ли разделы отражены в лекциях. Отсутствующие темы законспектировать по учебнику. Более подробное планирование на ближайшие дни будет первым этапом подготовки к очередному зачету. Второй этап предусматривает системное изучение материала по данному предмету с обязательной записью всех выкладок,

выводов, формул. На третьем этапе - этапе закрепления – полезно чередовать углубленное повторение особенно сложных вопросов с беглым повторением всего материала.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Для выполнения практических задания аспирант может использовать любой свободно распространяемый программный продукт, как для создания собственных программ расчетов, так и для обработки полученных данных.

При проведении самостоятельной работы обучающихся используются следующие информационные технологии:

- доступ в сеть Интернет, обеспечивающий, поиск актуальной научно-методической и научно-технической информации;
- необходимое программное обеспечение для выполнения программы дисциплины, установленное в вузе, а также для выполнения самостоятельной работы:
  1. Операционная система Windows XP (Microsoft Imagine, 700102019)
  2. Kaspersky Endpoint Security
  3. Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

## **11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Для освоения дисциплины необходимы следующие материально-технические ресурсы:

- 1) аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- 2) компьютерный класс для проведения практических занятий и самостоятельной работы, оснащенный индивидуальной компьютерной техникой с подключением к локальной вычислительной сети и сети Интернет.