

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИМЕНИ М. Е. ЕВСЕВЬЕВА»



ПРОГРАММА  
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ  
ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ  
НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ  
**03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ**

Направленность Приборы и методы экспериментальной физики

Саранск 2018

Программа подготовлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовка кадров высшей квалификации) утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «30» июля 2014 г. № 867.

Составитель программы:

Свешников Виктор Константинович, доктор технических наук, профессор кафедры физики и методики обучения физике; Куреников Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры физики и методики обучения физике

Программа утверждена на заседании кафедры физики и методики обучения физике протокол № 1 от 30 августа 2018 г.

Зав. кафедрой физики и  
методики обучения физике  
«\_\_\_» 2018 г.

Х. Х. Абушкин

Программа утверждена на заседании совета физико-математического факультета протокол № 2 от 30 августа 2018 г.

Председатель совета факультета  
«\_\_\_» 2018 г.

С. М. Мумряева

СОГЛАСОВАНО:

Начальник Управления научной  
и инновационной деятельности  
«\_\_\_» 2018 г.

П. В. Замкин

## Пояснительная записка

Программа вступительного экзамена в аспирантуру по направленности программы аспирантуры 03.06.01 Физика и астрономия разработана в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования по программам как специалитета, так и магистратуры, и дает возможность оценить качество знаний поступающих в аспирантуру по данному профилю.

К освоению данной программы допускаются лица, имеющие высшее образование (специалитет или магистратура).

**Цель вступительного испытания** – определить уровень подготовки будущего аспиранта к выполнению научно-исследовательской работы по методам экспериментальной физики.

### **1. Требования к поступающим в аспирантуру:**

*Поступающий в аспирантуру должен:*

**иметь представление:** о физических процессах протекающих в ионных, электронных, полупроводниковых приборах; о методах исследований, физических измерений, моделирования физических процессов в приборах.

**знать:**

- общие вопросы организации физического исследования, способы обобщения и оформления результатов исследования;
- особенности, условия и механизмы протекания физических процессов.

**уметь:**

- применять имеющиеся знания в процессе решения различных типов физических задач;
- обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, формулировать на их основе выводы.

**владеть:**

- методами анализа физических величин и процессов, протекающих в измерительных приборах;
- способностью выделять и анализировать физические проблемы.

### **2. Содержание вступительного экзамена:**

#### **Содержание программы**

##### **Раздел 1. Методы измерения основных физических величин**

Методы измерения времени, погрешности измерений, эталоны. Учет эффектов общей теории относительности (зависимость хода часов от ускорения и гравитации).

Измерение частот в радиодиапазоне. Стандарты частоты. Методы и погрешности измерений координат, углов, длин. Мировые стандарты и

эталоны. Методы измерения термодинамических величин. Радиоспектроскопия (эффект Зеемана, ядерный магнитный резонанс, томография).

Электромагнитные измерения (способы регистрации радиоизлучения, методы регистрации в оптическом диапазоне: фотодиоды, фотоумножители, черенковские детекторы).

Регистрация частиц и радиоактивных излучений (ионизационные камеры, газоразрядные счетчики, пропорциональные счетчики, стриммерные и искровые камеры, полупроводниковые детекторы, сцинтилляционные счетчики, пузырьковые камеры, черенковские счетчики, ядерные фотоэмульсии)

Шумы и помехи при измерении электрических, акустических и оптических величин.

Дифференциальные, интерферометрические и другие методы измерений. Нанотехнологии в измерительной технике. Дозиметрические измерения и дозиметрические единицы; коэффициенты, учитывающие влияние радиации на живые организмы, эквивалентная доза.

## **Раздел 2. Измерения**

Системы единиц. Единая система единиц (СИ). Универсальные постоянные и естественные системы единиц. Производные единицы и стандарты.

Прямые, косвенные, статистические и динамические измерения. Оценки погрешностей косвенных измерений. Условные измерения. Проблема корреляций и уравновешивание условных измерений. Принципиальные ограничения на точность измерений (физические пределы).

Методы измерений физических величин в исследуемой области физики. Основные принципы построения приборов для измерений физических величин в заданной области физики.

Фундаментальные шумы в измерительных устройствах. Тепловой шум. Формула Найквиста. Теорема Каллена—Вельтона. Дробовой шум в электронных и оптических приборах. Шумы  $1/f$ . Квантовые эффекты в физических измерениях. Условия, когда классический подход становится неприменим.

Соотношения неопределенности. Роль обратного флюктуационного влияния прибора. Стандартные квантовые пределы. Квантовые невозмущающие измерения. Квантовые эталоны единиц физических величин (примеры). Эффект Джозефсона и сверхпроводящие квантовые интерферометры.

## **Раздел 3. Критерии точности измерений**

Случайные события. Понятие вероятности. Условные вероятности. Распределение вероятности. Плотность вероятности. Моменты.

Специальные распределения вероятностей и их использование в физике. Биномиальное распределение, распределение Пуассона (дробовой шум),

экспоненциальное распределение. Нормальное распределение и центральная предельная теорема.

Многомерные распределения вероятностей. Корреляции случайных величин.

Случайные процессы. Эргодичность. Корреляционная функция случайного процесса. Стационарные случайные процессы. Спектральная плотность. Теорема Винера—Хинчина.

Оценка параметров случайных величин. Выборочные средние и дисперсии. Выборочные распределения.  $t$ -распределение Стьюдента,  $\chi^2$ -распределение.

Определение средних значений измеряемых параметров и их погрешностей в прямых и косвенных измерениях.

Техника оценки параметров при разных распределениях погрешностей измерений. Средние и вероятные значения переменных. Техника оценки параметров при асимметричных распределениях погрешностей. Суммирование результатов различных измерений. Робастные оценки. Параметрические и непараметрические оценки.

#### **Раздел 4. Методы анализа физических измерений**

Аналитическая аппроксимация результатов и измерений. Интерполяция (линейная, квадратичная, кубическая и т.п.). Фурье-анализ. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Вэйвлетный анализ. Статистическая проверка гипотез. Критерии согласия и методы их использования. Критерии  $\chi^2$ , Смирнова-Колмогорова, Колмогорова. Прямые и обратные задачи. Некорректные задачи. Обратные задачи при анализе результатов измерений и методы их решения. Метод максимального правдоподобия и его применение. Метод наименьших квадратов.

#### **Раздел 5. Моделирование физических процессов**

Аналитическое описание физических процессов. Планирование эксперимента, выбор метода и технических средств, методы оценки ожидаемых результатов и их погрешностей. Метод статистических испытаний, методика его применения. Использование моделей физических процессов. Учет влияния прибора на результаты измерений. Моделирование с учетом особенностей используемых детекторов.

#### **Раздел 6. Автоматизация эксперимента**

Создание комплексных установок. Общие требования. Обработка информации «в линию» (on-line). Способы преобразования измерений для передачи на значительные расстояния. Контроль процессов измерений в реальном времени. Способы вывода информации в реальном времени. Накопление экспериментальных данных, создание банков данных.

## **Вопросы к вступительному экзамену**

1. Методы измерения времени, погрешности измерений, эталоны. Учет эффектов общей теории относительности (зависимость хода часов от ускорения и гравитации).
2. Измерение частот в радиодиапазоне. Стандарты частоты.
3. Методы и погрешности измерений координат, углов, длин. Мировые стандарты и эталоны.
4. Методы измерения термодинамических величин.
5. Радиоспектроскопия (эффект Зеемана, ядерный магнитный резонанс, томография).
6. Электромагнитные измерения (способы регистрации радиоизлучения, методы регистрации в оптическом диапазоне: фотодиоды, фотоумножители, черенковские детекторы).
7. Регистрация частиц и радиоактивных излучений (ионизационные камеры, газоразрядные счетчики, пропорциональные счетчики, стриммерные и искровые камеры, полупроводниковые детекторы, сцинтилляционные счетчики, пузырьковые камеры, черенковские счетчики, ядерные фотоэмиссии)
8. Шумы и помехи при измерении электрических, акустических и оптических величин.
9. Дифференциальные, интерферометрические и другие методы измерений.
10. Нанотехнологии в измерительной технике.
11. Дозиметрические измерения и дозиметрические единицы; коэффициенты, учитывающие влияние радиации на живые организмы, эквивалентная доза.
12. Системы единиц. Единая система единиц (СИ). Универсальные постоянные и естественные системы единиц. Производные единицы и стандарты. Прямые, косвенные, статистические и динамические измерения. Оценки погрешностей косвенных измерений. Условные измерения. Проблема корреляций и уравновешивание условных измерений. Принципиальные ограничения на точность измерений (физические пределы).
13. Методы измерений физических величин в исследуемой области физики.
14. Основные принципы построения приборов для измерений физических величин в заданной области физики.
15. Фундаментальные шумы в измерительных устройствах.
16. Тепловой шум. Формула Найквиста. Теорема Каллена—Вельтона. Дробовой шум в электронных и оптических приборах. Шумы  $1/f$ .
17. Квантовые эффекты в физических измерениях. Условия, когда классический подход становится неприменим.
18. Соотношения неопределенности. Роль обратного флюктуационного влияния прибора. Стандартные квантовые пределы. Квантовые невозмущающие измерения. Квантовые эталоны единиц физических величин

(примеры). Эффект Джозефсона и сверхпроводящие квантовые интерферометры.

19. Случайные события. Понятие вероятности. Условные вероятности. Распределение вероятности. Плотность вероятности. Моменты.

20. Специальные распределения вероятностей и их использование в физике. Биномиальное распределение, распределение Пуассона (дробовой шум), экспоненциальное распределение. Нормальное распределение и центральная предельная теорема.

21. Многомерные распределения вероятностей. Корреляции случайных величин.

22. Случайные процессы. Эргодичность. Корреляционная функция случайного процесса. Стационарные случайные процессы. Спектральная плотность. Теорема Винера—Хинчина.

23. Оценка параметров случайных величин. Выборочные средние и дисперсии. Выборочные распределения.  $t$ -распределение Стьюдента,  $\chi^2$ -распределение.

24. Определение средних значений измеряемых параметров и их погрешностей в прямых и косвенных измерениях.

25. Техника оценки параметров при разных распределениях погрешностей измерений. Средние и вероятные значения переменных. Техника оценки параметров при асимметричных распределениях погрешностей. Суммирование результатов различных измерений. Робастные оценки. Параметрические и непараметрические оценки.

26. Аналитическая аппроксимация результатов и измерений. Интерполяция (линейная, квадратичная, кубическая и т.п.).

27. Фурье-анализ. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Вэйвлетный анализ.

28. Статистическая проверка гипотез. Критерии согласия и методы их использования. Критерии  $\chi^2$ , Смирнова-Колмогорова, Колмогорова.

29. Прямые и обратные задачи. Некорректные задачи. Обратные задачи при анализе результатов измерений и методы их решения.

30. Метод максимального правдоподобия и его применение.

31. Метод наименьших квадратов.

32. Аналитическое описание физических процессов.

33. Планирование эксперимента, выбор метода и технических средств, методы оценки ожидаемых результатов и их погрешностей.

34. Метод статистических испытаний, методика его применения.

35. Использование моделей физических процессов.

36. Учет влияния прибора на результаты измерений. Моделирование с учетом особенностей используемых детекторов.

37. Создание комплексных установок. Общие требования. Обработка информации «в линию» (on-line).

38. Способы преобразования измерений для передачи на значительные расстояния.

39. Контроль процессов измерений в реальном времени.
40. Способы вывода информации в реальном времени. Накопление экспериментальных данных, создание банков данных.

### **3. Литература:**

#### **3.1. Основная**

1. Свешников, В. К. Эмиссионная активность оксидного катода при адсорбции натрия / В. К. Свешников, А. Ф. Базаркин ; Мордов. гос. пед. ин-т. – Саранск, 2014. – 127 с.
2. Абушкин, Х.Х. Современные проблемы физики и методики обучения физике (Выпуск 2) / Х.Х. Абушкин, А.Ф. Базаркин, В.В. Дудоладов [и др.]; под общей редакцией Х.Х. Абушкина; Мордов. гос. пед. ин-т. – Саранск, 2015. – 138 с.
3. Свешников, В. К. Термоэлектронная эмиссия оксидного катода при адсорбции натрия / В.К. Свешников, А.Ф. Базаркин // LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2016. – 105 с. (ISBN 978-3-330-00412-2)
4. Райзер, Ю. П. Физика газового разряда / Ю. П. Райзер. – М. Интеллект, 2009. – 736 с.
5. Жаворонков, М. А. Электротехника и электроника : учеб. пособие / М. А. Жаворонков, А. В. Кузин. – М. : Академия, 2005. – 394с.
6. Метрология и радиоизмерения : учебник для вузов / под ред. проф. В. И. Нефёдова. – М. : Высш. школа, 2003. – 526 с.
7. Гуржий, А. Н. Электрические и радиотехнические измерения: учебное пособие / А. Н. Гуржий, Н. И. Поворознюк. – М. : Академия, 2004.
8. Свешников, В. К. Лабораторные работы по курсу «Электрорадиотехника». Раздел «Электротехника» [текст] : методич. указания / В. К. Свешников, В. И. Королев ; Мордов. гос. пед. ин-т. – Саранск, 2010. – 115 с.
9. Свешников, В. К. Лабораторные работы по курсу «Электрорадиотехника». Раздел «Радиотехника» [текст] : методич. указания. Ч. 1 / В. К. Свешников, В. И. Королев ; Мордов. гос. пед. ин-т. – Саранск, 2010. – 54 с.
10. Трубецков Д. И., Храмов А. Е. Лекции по СВЧ электронике для физиков. Т. 2. – М. : Физматлит, 2004. – 326 с. [Электронный ресурс, Университетская библиотека online, доступ с сайта : <http://www.biblioclub.ru>]
11. Шашлов, А. Б. Основы светотехники / А. Б. Шашлов. – М. : Логос, 2011
12. Свешников, В. К. Неразрушающие методы исследований и контроля разрядных ламп / В. К. Свешников, В. И. Королев, В. Н. Куплинов ; Мордов. гос. пед.ин-т. – Саранск, 2007. – 200с.
13. Браммер, Ю. А. Импульсные и цифровые устройства [текст] : учеб. для сред. проф. учеб. заведений / Ю. А. Браммер, И. Н. Пащук. – 8-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2006. – 351 с.

14. Источники излучения [текст] : межвуз. сб. науч.-техн. работ / под ред. В. К. Свешникова; Мордов. гос. пед. ин-т. – Саранск, 2009. – 45 с.
15. Лебедев А. И. Физика полупроводниковых приборов. – М. : Физматлит, 2008. – 486 с. [Электронный ресурс, Университетская библиотека online, доступ с сайта : <http://www.biblioclub.ru>]
16. Дэвис, Дж., Томпсон, М. Успех наноинженерии. Электроника, материалы, структуры / переводчик А. Грахов. – М. : Издательство: Техносфера, 2011. – 518 с

### **3.2. Дополнительная:**

1. Свешников, В. К. Неразрушающие методы исследований и контроля разрядных ламп / В. К. Свешников, В. И. Королев, В. Н. Куплинов ; Мордов. гос. пед.ин-т. – Саранск, 2007. – 200 с.
2. Касаткин, А. С. Электротехника : Учеб. для вузов / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. – 9-е изд. ; стереотип. – М. : Академия, 2005. – 539с.
3. Вакуумная техника. Справочник / под ред.: Демихов К. Е. Панфилов Ю. В. – М. : Машиностроение, 2009. – 592 с. [Электронный ресурс, Университетская библиотека online, доступ с сайта : <http://www.biblioclub.ru>]
4. Максина, Е. Л. Электроника : курс лекций / Е. Л. Максина. – М. : Эксмо, 2008. – 160 с.
5. Свешников, В. К. Разрядные лампы в демонстрационном эксперименте [текст] : учеб. пособие / В. К. Свешников ; Мордов. гос. пед. ин-т. – Саранск, 2009. – 65 с.

### **3.3. Электронно-образовательные ресурсы**

1. Репетиционное и контрольное тестирование по физике на сайте информационно-методической поддержки Федерального Интернет-экзамена в сфере профессионального образования (ФЭПО) <http://fero.ru>.
2. Московская государственная академия приборостроения и информатики. Методические пособия <http://physics.mgapi.edu>.
3. Шеститомный электронный учебник по физике МГТУ им. Баумана. (on-line) От механики до квантовой физики <http://fn.bmstu.ru>.
4. Физика, электротехника – лекции, задачи, примеры. Электростатика, оптика, атомная и ядерная физика <http://fismat.ru>.
5. Федеральный институт педагогических измерений <http://fipi.ru>.
6. Федеральный портал «Российское образование» <http://edu.ru>.
7. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru>.
8. Центральный образовательный портал. Содержит нормативные документы Министерства образования и науки, стандарты, информацию о проведении экспериментов <http://www.edu.ru>.

## **Требования к реферату**

**Структура реферата** включает в себя: титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение, список использованных источников.

**Титульный лист** должен содержать название вуза, кафедры, темы работы, фамилию и инициалы автора, название города, в котором находится вуз, год написания.

В *содержании* указываются основные разделы реферата (главы), а в необходимых случаях и подразделы (параграфы). Все пункты плана сопровождаются указанием на соответствующие страницы работы.

Во *введении* дается краткая характеристика изучаемой проблемы, обосновывается ее актуальность, указывается цель и задачи реферативного исследования.

В *основной части* раскрывается суть проблемы, анализируются различные точки зрения на нее, высказывается собственная позиция автора реферата. Важно, чтобы весь материал был нацелен на раскрытие главных задач. Каждый раздел основной части должен открываться определенной задачей и заканчиваться краткими выводами.

В *заключении* подводятся итоги по всей работе, делаются обобщения и выводы по проведенному исследованию, отмечается то новое, что получено в результате работы над данной темой. Заключение по объему не должно превышать введение.

*Список использованных источников* включает только ту литературу, которая была использована в работе над темой. Список использованной литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТа 7.1-2003.

### **Объем и технические требования, предъявляемые к выполнению реферата**

Текст реферата набирается в текстовом редакторе Microsoft Word, рекомендуется использовать шрифт Time New Roman, размер шрифта – 14 пт. Поля страницы: левое – 3 см, правое – 1,5 см, верхнее – 2 см, нижнее – 2 см. Текст печатается через 1,5 интервала. Абзац – 1,25 см.

Каждая структурная часть реферата (введение, главная часть, заключение и т. д.) начинается с новой страницы. Расстояние между главой и следующей за ней текстом, а также между главой и параграфом составляет 1 интервала.

После заголовка, располагаемого посередине строки, не ставится точка. Не допускается подчеркивание заголовка и переносы в словах заголовка. Страницы реферата нумеруются в нарастающем порядке. Номера страниц ставятся внизу в середине листа.

Титульный лист реферата включается в общую нумерацию, но номер страницы на нем не проставляется.

Общий объем реферата не должен превышать 20–25 страниц.

## Критерии оценки

Оценка ответов поступающего осуществляется по 5-балльной шкале.

| <b>Количество баллов</b> | <b>Критерии соответствия</b>  |
|--------------------------|---|
| 5 (пять) баллов          | <p>Дан полный развернутый ответ на три вопроса из различных тематических разделов:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- грамотно использована научная терминология;</li><li>- правильно названы и определены все необходимые для обоснования признаки, элементы, основания, классификации;</li><li>- указаны основные точки зрения, принятые в научной литературе по рассматриваемому вопросу;</li><li>- аргументирована собственная позиция или точка зрения, обозначены наиболее значимые в данной области научно-исследовательские проблемы.</li></ul>  |
| 4 (четыре) балла         | <p>Дан правильный ответ на три-два вопроса из различных тематических разделов:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- применяется научная терминология;</li><li>- названы все необходимые для обоснования признаки, элементы, классификации, но при этом допущена ошибка или неточность в определениях, понятиях;</li><li>- имеются недостатки в аргументации, допущены фактические или терминологические неточности, которые не носят существенного характера;</li><li>- высказано представление о возможных научно-исследовательских проблемах в данной области.</li></ul>   |
| 3 (три) и менее баллов   | <p>Дан правильный ответ хотя бы на один вопрос из предложенного тематического раздела:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- названы и определены лишь некоторые основания, признаки, характеристики рассматриваемого явления,</li><li>- допущены существенные терминологические неточности;</li><li>- собственная точка зрения не представлена;</li><li>- не высказано представление о возможных научно-исследовательских проблемах в данной области.</li></ul> <p>Дан неправильный ответ на предложенные вопросы из тематических разделов, отмечается отсутствие знания терминологии, научных оснований, признаков, характеристик явления, не представлена собственная точка зрения по данному вопросу.</p> |