

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



**«УТВЕРЖДАЮ»**

Проректор по НРиИ

И.В. Меньшиков

«30» июня 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ**

Направление подготовки аспирантов

03.06.01 Физика и астрономия

Профиль (направленность)

01.04.01 Приборы и методы экспериментальной физики

Уровень высшего образования

Подготовка кадров высшей квалификации

Квалификация выпускника

Исследователь. Преподаватель-исследователь

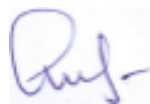
Форма обучения

Очная

Рабочая программа составлена в соответствии с Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденным приказом Министерства образования и науки России от 19.11.2013 г. № 1259; с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 867.

Разработчик программы:

Широбоков Сергей Валентинович



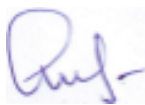
кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой ЗЧСиУР

Контактный телефон: 916-114

E-mail: [sergirt@mail.ru](mailto:sergirt@mail.ru)

программа обсуждена и утверждена на заседании кафедры ЗЧСиУР, протокол № 4 от 5.05.2015 г.

Заведующий кафедрой ЗЧСиУР



Широбоков Сергей Валентинович

## СОДЕРЖАНИЕ

### (2 часть)

	Стр.
1. Цель и задачи освоения дисциплины.....	4
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
3. Место дисциплины в структуре ОП аспирантуры.....	5
4. Объем дисциплины.....	5
5. Структура дисциплины по видам учебной работы, соотношение тем и формируемых компетенций.....	5
6. Содержание дисциплины.....	6
7. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов.....	9
8. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	11
9. Перечень основной и дополнительной литературы.....	15
10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».....	16
11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	16
12. Образовательные технологии. Информационные технологии.....	20
13. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	21

## **1. Цель и задачи освоения дисциплины**

**Целью** освоения второй части дисциплины «Приборы и методы экспериментальной физики» является получение углубленных знаний по планированию, методологии и обработке результатов физического эксперимента.

**Задачами** изучения дисциплины являются:

- учет влияния прибора на результаты измерений, моделирование с учетом особенностей используемых детекторов;
- ознакомление с прямыми, косвенными, статистическими и динамическими измерениями;
- знакомство с условными измерениями, проблемой корреляций и уравниванием условных измерений, принципиальными ограничениями на точность измерений (физическими пределами);
- определение средних значений измеряемых параметров и их погрешностей в прямых и косвенных измерениях;
- ознакомление с планированием эксперимента, выбор метода и технических средств, методы оценки ожидаемых результатов и их погрешностей;
- дальнейшее совершенствование экспериментальной культуры.

## **2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате изучения дисциплины студент должен:

**ЗНАТЬ:**

- современное состояние науки в области 03.06.01 - Физика и астрономия по направлению 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики;
- нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР;
- требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.

**УМЕТЬ:**

- представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях
- готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР

**ВЛАДЕТЬ:**

- методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и по научной специальности «Приборы и методы экспериментальной физики»;

- навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки: 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики

Получаемые знания лежат в основе физического образования и необходимы для профессиональной деятельности магистров.

Изучение дисциплины позволит сформировать компетенции обучающегося:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук в соответствии с профилем 01.04.01 – Приборы и методы физического образования (ПК-1).

### **3. Место дисциплины в структуре ОП аспирантуры**

Дисциплина входит в Вариативную часть профессионального цикла ООП аспирантуры.

Вторая часть дисциплины адресована магистрам второго года обучения.

Программа дисциплины построена линейно-хронологически и во второй её части выделены разделы:

1. Методы измерения основных физических величин.
2. Измерения.
3. Критерии точности измерений.
4. Методы анализа физических измерений.
5. Моделирование физических процессов.
6. Автоматизация эксперимента.

#### 4. Объем дисциплины

Общая трудоемкость второй части дисциплины составляет 108 часов, из них 30 аудиторных (30 часов лекций, 77 часов самостоятельной работы студентов, 1 час контроля).

#### 5. Структура дисциплины по видам учебной работы, соотношение тем и формируемых компетенций

п/п	Наименование тем и разделов	Всего	Аудиторные		СРС	Компетенции
			Лекции	практика		
1.	Методы измерения основных физических величин.	4	4		8	Все формируемые
2.	Измерения.	4	4		8	Все формируемые
3.	Критерии точности измерений.	4	4		8	Все формируемые
4.	Методы анализа физических измерений.	6	6		12	Все формируемые
5.	Моделирование физических процессов.	6	6		29	Все формируемые
6.	Автоматизация эксперимента.	6	6		12	Все формируемые
	ИТОГО	30	30		77	

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Темы и их аннотации

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

Методы измерения времени, погрешности измерений, эталоны. Учет эффектов общей теории относительности (зависимость хода часов от ускорения и гравитации). Шумы и помехи при измерении электрических, акустических и оптических величин. Дифференциальные, интерферометрические и другие методы измерений. Нанотехнологии в измерительной технике. Дозиметриче-

ские измерения и дозиметрические единицы; коэффициенты, учитывающие влияние радиации на живые организмы, эквивалентная доза.

## **2. Измерения**

Прямые, косвенные, статистические и динамические измерения. Оценки погрешностей косвенных измерений. Условные измерения. Проблема корреляций и уравнивание 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 флуктуационного влияния прибора. Стандартные квантовые пределы. Квантовые невозмущающие измерения. Квантовые эталоны единиц физических величин (примеры). Эффект Джозефсона и сверхпроводящие квантовые интерферометры.

## **3. Критерии точности измерений**

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.

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

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

Статистическая проверка гипотез. Критерии согласия и методы их использования. Критерий  $\chi^2$ , 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.

### **5. Моделирование 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.

### **6. Автоматизация эксперимента**

Способы вывода информации в реальном времени. Накопление экспериментальных данных, создание банков данных.

## **6. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов**

### **Структура СРС**

Самостоятельная работа аспиранта заключается в выполнении ими домашних работ и изучению ряда тем курса с использованием соответствующей литературы. Преподаватель определяет список отдельных тем курса, которые студенты самостоятельно должны изучить более глубоко. Они могут использовать как основную, так и дополнительную литературу. С возникающими в процессе изучения этих тем вопросами студенты могут обратиться к преподавателю во время, отведенное для консультаций.

### **Содержание СРС.**

#### **Вопросы для самостоятельного изучения.**

10. Современное состояние науки в области 03.06.01 - Физика и астрономия по направлению 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики.

11. Нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР.

12. Требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.

13. Представление научных результатов по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях.

14. Подготовка заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР.

15. Методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и по научной специальности «Приборы и методы экспериментальной физики».

16. Навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки: 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики.

### **Учебно-методические материалы для СРС.**

#### **Основная литература**

1. Арефьев, А. Л. Деятельность иностранных фондов и организаций в области образования и науки в России : социологический анализ / А. Л. Арефьев. - М., 2006. - 318, [1] с. : ил. ; 60х90/16. - ISBN 5-98201-011-1.

2. Галашев В.А., Причинин А.Е. Защита прав интеллектуальной собственности: Учеб.-метод. пособие. Ижевск: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов; Удм. гос. ун-т., 2009. 188с.

3. Благой фонд, благое дело : к 100-лет. Рос. гуманитар. науч. фонда: сб. ст. / отв. ред. Ю. Л. Воротников. - М., 2004. - 967с. ; 70х100/16. - Библиогр. в конце ст. - ISBN 5-902815-01-0.

4. Гранты РФФИ: результаты и анализ / Рос. фонд фундамент. исслед. - М. : Янус-К, 2001. - 760с. ; 70х100/16. - ISBN 5-8037-0061-4.

5. Заявка на конкурс или грант : пособие для негос. некоммерч. организаций : информ.-метод. издание / Ижев. гор. орг. "Центр соц. и образоват. инициатив". - Ижевск, 2012. - 39, [1] с. ; 24 см.

6. Наука в России: современное состояние и стратегии возрождения / Отв. ред.: Е.В. Семенов, Н.Н. Семенова, А.В. Юревич. - М. : Логос, 2004. - 376с. ; 60х90/16. - (Науч. докл. ; Вып. 2). - Библиогр. в конце ст. - ISBN 5-94010-277-8.

#### **Дополнительная литература**

1. Информационный Интернет-канал <http://www.rsci.ru>

2. Конкурсы. Гранты. Премии. Фестивали. <http://www.konkursgrant.ru/>

3. Федеральная целевая программа «Кадры» <http://www.fcprk.ru>

4. Российский гуманитарный фонд научных исследований  
<http://www.rfh.ru>

5. Российский фонд фундаментальных исследований <http://www.rfbr.ru>

6. Раздел «Наука УдГУ» [http://v4.udsu.ru/science/prog\\_fond\\_grant](http://v4.udsu.ru/science/prog_fond_grant)

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

Оценка качества освоения дисциплины включает текущий контроль и промежуточную аттестацию обучающихся. Текущий контроль освоения дисциплины осуществляется в виде экзамена.

### **Оценочные средства по дисциплине**

#### **Вопросы к экзамену**

20. Измерение частот в радиодиапазоне. Стандарты частоты.
21. Методы и погрешности измерений координат, углов, длин.
22. Мировые стандарты и эталоны.
23. Методы измерения термодинамических величин.
24. Радиоспектроскопия (эффект Зеемана, ядерный магнитный резонанс, томография).
25. Электромагнитные измерения (способы регистрации радиоизлучения, методы регистрации в оптическом диапазоне: фотодиоды, фотоумножители, черенковские детекторы).
26. Регистрация частиц и радиоактивных излучений (ионизационные камеры, газоразрядные счетчики, пропорциональные счетчики, стримерные и искровые камеры, полупроводниковые детекторы, сцинтилляционные счетчики, пузырьковые камеры, черенковские счетчики, ядерные фотоэмульсии).
27. Системы единиц. Единая система единиц (СИ). Универсальные постоянные и естественные системы единиц. Производные единицы и стандарты.
28. Случайные события. Понятие вероятности. Условные вероятности.
29. Распределение вероятности. Плотность вероятности. Моменты.
30. Специальные распределения вероятностей и их использование в физике.

31. Биномиальное распределение, распределение Пуассона (дробовой шум), экспоненциальное распределение.
32. Нормальное распределение и центральная предельная теорема.
33. Аналитическая аппроксимация результатов и измерений.
34. Интерполяция (линейная, квадратичная, кубическая и т.п.)
35. Аналитическое описание физических процессов.
36. Создание комплексных установок. Общие требования. Обработка информации «в линию» (on-line).
37. Способы преобразования измерений для передачи на значительные расстояния.
38. Контроль процессов измерений в реальном времени.

Допуском к экзамену является грантовая заявка аспиранта и заявка на патент.

## **8. Перечень основной и дополнительной литературы**

### **Основная литература**

### **Основная литература**

5. Боровков А. А. Математическая статистика. М.: 1984.
6. Физическая энциклопедия. Т. 1-5. М.: Сов. энциклопедия, 1988-1998.
7. Брагинский В. Б. Физические эксперименты с пробными телами. М.: Наука, 1970.
8. Воронцов Ю. И. Теория и методы макроскопических измерений. М.: Наука, 1989.

### **Дополнительная литература**

4. Большев Л. Н., Смирнов Н. В. Таблицы математической статистики. М.: 1983.
5. Кендал М., Стюарт А. Статистические выводы и связи / Пер. с англ. М.: Мир, 1976.
6. Бароне А., Патерио Д. Эффект Джозефсона: Физика и применения / Пер. с англ. М.: 1984.

## **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

**Электронно-библиотечные системы (ЭБС):**

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

<http://iprbookshop.ru/>

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

### **1. Подготовка к лекциям**

Лекция является важнейшей формой организации учебного процесса. Она знакомит с новым учебным материалом, разъясняет учебные элементы, трудные для понимания, систематизирует учебный материал, ориентирует в учебном процессе. Для того чтобы лекция для студента была продуктивной, к ней надо готовиться. Подготовка к лекции заключается в следующем:

- ☐ узнайте тему лекции (по тематическому плану, по информации лектора),
- ☐ прочитайте учебный материал по учебнику и учебным пособиям,
- ☐ уясните место изучаемой темы в своей профессиональной подготовке,
- ☐ выпишите основные термины,
- ☐ ответьте на контрольные вопросы по теме лекции,
- ☐ уясните, какие учебные элементы остались для вас неясными,
- ☐ запишите вопросы, которые вы зададите лектору на лекции.

### **2. Рекомендации по организации самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа над учебным материалом является составной частью обучения аспиранта. По математическим курсам она складывается из чтения конспекта лекций и учебника, решения практических задач, самопроверки и выполнения контрольных заданий. Кроме этого, аспирант может обращаться с вопросами к преподавателю для получения устной или письменной консультации.

Завершающим этапом изучения дисциплины является сдача зачёта или экзамена в соответствии с учебным планом.

Полезно знать и применять на практике следующие основные принципы организации самостоятельной работы по ее отдельным видам.

## **2.1. Чтение учебника**

1. Изучая материал по учебнику или конспекту лекций, следует переходить к следующему вопросу только после правильного понимания предыдущего, проделывая на бумаге все вычисления (в том числе и те, которые по их простоте пропущены в первоисточнике). При наличии в учебнике пропусков «тривиальных вычислений» две пропущенные тривиальности могут в совокупности образовать непреодолимое препятствие в изучении математической дисциплины.
2. Особое внимание следует обращать на определение основных понятий курса, которые отражают количественную сторону или пространственные свойства реальных объектов и процессов и возникают в результате абстракции из этих свойств и процессов. Без этого невозможно успешное изучение математики. Следует подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно.
3. Необходимо понимать, что каждая теорема состоит из предположений и утверждения. Все предположения должны обязательно использоваться в доказательстве. Нужно добиваться точного представления о том, в каком месте доказательства использовано каждое предположение теоремы. Полезно составлять схемы доказательств сложных теорем. Правильному пониманию многих теорем помогает разбор примеров математических объектов, обладающих и не обладающих свойствами, указанными в предположениях и утверждениях теорем.
4. При изучении материала рекомендуется выписывать определения, формулировки теорем, формулы и уравнения на отдельные листы. Выводы, полученные в виде формул, рекомендуется подчеркивать или обводить рамкой, чтобы при перечитывании они выделялись и лучше запоминались.

## **2.2. Консультации**

1. Если в процессе работы над изучением теоретического материала или при решении задач у аспиранта возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся (неясность терминов, формулировок теорем, отдельных задач и др.), он может обратиться к преподавателю для получения от него указаний в виде письменной или устной консультации.
2. Если аспирант не разобрался в теоретических объяснениях или в доказательстве теоремы, или в выводе формулы по учебнику, то нужно указать, какой это учебник, год его издания и страницу, где рассмотрен затрудняющий его вопрос, и что именно его затрудняет.

### **2.3. Самопроверка**

1. После изучения определенной темы по конспекту или учебнику и решения достаточного количества соответствующих задач аспиранту рекомендуется воспроизвести по памяти определения, выводы формул, формулировки и доказательства теорем, проверяя себя каждый раз по первоисточнику.
2. Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад, еще раз внимательно разобраться в материале конспекта или учебника, порешать задачи, и вновь выучить плохо усвоенный раздел.

## **11. Образовательные технологии. Информационные технологии**

При проведении занятий и организации самостоятельной работы аспирантов используются традиционные технологии сообщающего обучения, предполагающие передачу информации в готовом виде, формирование учебных умений по образцу: технологии контекстного обучения, моделирующие реальную социально-профессиональную деятельность. Основной единицей содержания контекстного обучения выступает проблемная ситуация в учебно-профессиональной, квазипрофессиональной и реальной профессиональной деятельности. Формы занятий предметные лекции, лабораторно-практические занятия, анализ возможностей использования математики в конкретных профессиональных ситуациях.

Использование традиционных технологий обеспечивает базовые знания в области фундаментальной математики и компьютерных наук и владение навыками практического использования математических методов при анализе различных задач.

В процессе изучения теоретических разделов курса используются новые образовательные технологии обучения: Технология систематизации и визуализированной презентации знаний предполагает определение многообразных связей и отношений между изучаемыми предметами и явлениями, их упорядочивание на основе установления сходства или различия между ними, наглядное представление структурно-функциональных связей и отношений в форме схем, таблиц, рисунков, знаково-символических моделей. Формы занятий предметные лекции, лабораторно-практические занятия включают в себя ситуационный анализ, работу со схемами, математическое и компьютерное моделирование.

Технология развивающего обучения ориентированна на актуализацию профессионально-личностного потенциала, социально-профессионального

развития, обеспечение субъект-субъектного взаимодействия всех участников образовательного процесса. Формы занятий предметные лекции, лабораторно-практические занятия предусматривают анализ и решение нестандартных задач, проектную и другие виды активной деятельности студентов.

При проведении практических занятий используются: информационная и коммуникационная технологии, основанные на использовании электронных средств: компьютера, аудиовизуальных средств, гипертекстов. Эти средства опосредуют взаимодействие педагогов и обучающихся, обеспечивают интерактивный диалог, возможность индивидуализировать процесс обучения, доступ к информационным каналам и сетям.

Данные технологии обеспечивают диагностику в процессе обучения степени сформированности каждой из указанной компетенций, а также способствуют эффективности формирования заявленных компетенций.

Выбор методов обучения и закрепления практических навыков в ходе практических занятий зависит не только от содержания, цели, формы и организации занятия. Необходимо учитывать также двухсторонний характер процесса обучения: совместная деятельность преподавателя и студентов.

Одним из лучших приемов привлечения интереса, активизации внимания и мыслительной деятельности студентов на лекции является проблемный характер изложения, при котором студентам не преподносится готовый результат (готовая формулировка теоремы и готовое ее доказательство, кем-то и когда-то полученные), а ставится задача, проблема и при активном участии студентов выбирается способ решения, проводится решение и формулируется вывод.

Содержание лекционного курса должно быть продумано лектором на весь период обучения. При составлении рабочей программы следует иметь в виду, что результат обучения измеряется не количеством сообщенной информации, а качеством ее усвоения, умением ее использовать и развитием способностей обучаемого к дальнейшему самостоятельному образованию.

## **12. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории для проведения лекционных и лабораторных занятий, доступ студентов к компьютеру с Microsoft Office.