



## **МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Дагестанский государственный университет»

### **ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Утверждена  
на Ученом совете ФГБОУ ВО  
«Дагестанский государственный  
университет»

прот. № 1 от 29.09. 2016 г.  
Ректор университета



  
Рабаданов М.Х.

**ПРОГРАММА - МИНИМУМ**  
кандидатского экзамена по специальности  
**01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики**

Программа кандидатского экзамена по специальности 01.04.01 - «Приборы и методы экспериментальной физики» (физико-математические науки) составлена на основе паспорта научной специальности и учебным планом ДГУ по основной образовательной программе аспирантской подготовки.

Составитель:

проф. Садыков С.А.

Программа обсуждена и одобрена на заседании каф.

Экспер. физики «30» август 2016 г., прот. № 1

Зав. кафедрой

ЭФ

Садыков С.А.

Программа кандидатского минимума утверждена на заседании Совета физического факультета «27» 09 2016 г., прот. № 1

Декан физического факультета

В.С. Курбанисмаилов

Курбанисмаилов В.С.

**ПРОГРАММА-МИНИМУМ**  
**кандидатского экзамена по специальности**  
**01.04.01 "Приборы и методы экспериментальной физики"**  
**по физико-математическим наукам**

**Введение**

В основу данной программы положены следующие дисциплины: методы измерения основных физических величин, основы метрологии, методы анализа физических измерений, моделирование физических процессов, автоматизация эксперимента.

Программа разработана кафедрой экспериментальной физики Дагестанского государственного университета.

**1. Методы измерения основных физических величин**

- Методы измерения времени, погрешности измерений, эталоны.
- 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.
- Дозиметрические измерения и дозиметрические единицы; коэффициенты, учитывающие влияние радиации на живые организмы, эквивалентная доза.

**2. Измерения**

- Планирование и организация измерений.
- 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).
- Классификация физических величин; активные, пассивные, производные, аддитивные, неаддитивные, постоянные, переменные.
- Основные методы измерения электрофизических параметров полупроводниковых материалов и структур.
- Измерение морфологии поверхности, состава твердых тел и концентрации методами электронной микроскопии, электронной и ионной спектроскопии, атомно-силовой микроскопии.

- Рентгеновские методы измерения состава и структуры твердых тел. Дифракционные методы анализа кристаллической структуры твердых тел.
- Методы измерения оптических констант материалов твердотельной электроники.
- Методы измерения теплофизических свойств материалов твердотельной электроники.
- Контактные методы измерения параметров полупроводников.
- Дистанционные методы измерения параметров полупроводниковых материалов.
- 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**

- 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.
- Оценка параметров случайных величин. Выборочные средние и дисперсии. Выборочные распределения.  $t$ -распределение Стьюдента.
- Определение средних значений измеряемых параметров и их погрешностей в прямых и косвенных измерениях.

### **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. Критерий 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**

- 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.

## 6. Измерительные преобразователи и приборы

- Электрические преобразователи. Измерительные усилители. Измерительные генераторы. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи.
- Резистивные преобразователи. Терморезисторы, тензорезисторы, магниторезисторы, преобразователи Холла.
- Электростатические и электромагнитные преобразователи.
- Оптико-электронные преобразователи.

## 7. Автоматизация эксперимента

- Создание комплексных установок. Общие требования.
- 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.

## Литература

1. Сергеев А.Г. Метрология. М.: Логос. 2005.
2. Павлов Л.И. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов М.: Высшая школа, 1987 г., 239 с.
3. Спектор С.А. Электрические измерения физических величин. Методы измерений. Л., Энергоатомиздат, 1987г.
4. Кунце Х.И. Методы физических измерений. М.: Мир. 1989.
5. Электрические измерения неэлектрических величин. Тучирин А.М. Л., Энергия, 1975г.
6. Таиров Ю.М., Цветков В.Ф., Ярмаршин. В.К. Современные методы исследования материалов электронной техники.. Л., 1985г.
7. Боннер В.А., Алферов А.В. Измерительные приборы. Т.1, 2. М., Издательство стандартов, 1986г.
8. Худсон Д., М Статистика для физиков...: Мир,1970г.
9. Д. Брандон, У. Каплан. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля: учеб. Пособие: пер с англ. – М.: Техносфера, 2004. – 377 с.
10. Брандон, Д. Мир материалов и технологий. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля / Д. Брандон, У. Каплан; Пер. с англ. под ред. С. Л. Баженова. – М. : Техносфера, 2004. – 384 с.

### ***11. Интернет ресурсы:***

12. [www.elsevierscience.ru](http://www.elsevierscience.ru)
13. [www.edu.ru](http://www.edu.ru)
14. [www.window.edu.ru](http://www.window.edu.ru)
15. [www.nisrussia.ru](http://www.nisrussia.ru)
16. [www.neicon.ru](http://www.neicon.ru)
17. [www.springerlink.cjm.journsis](http://www.springerlink.cjm.journsis)