

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ ИМ. В.А.КОТЕЛЬНИКОВА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН)**

УТВЕРЖДАЮ

ИО Директора

\_\_\_\_\_ С.А.Никитов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2014 г.

**ПРОГРАММА**

вступительных испытаний поступающих на обучение по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по специальной дисциплине

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ: 03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ**

**НАПРАВЛЕННОСТЬ: 01.04.01 Приборы и методы экспериментальной физики**

Форма проведения вступительных испытаний.

Вступительные испытания проводятся в устной форме. Для подготовки ответов поступающий использует экзаменационные листы.

ЗАВ.ОАДС \_\_\_\_\_  
(подпись)

д.ф.-м.н. Кузнецова И.Е.  
(фамилия)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2014 года.

## **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.

## **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 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**

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.

#### **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  $\chi^2$ , 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**

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. Автоматизация эксперимента**

Создание комплексных установок. Общие требования. Обработка информации в режиме реального времени. (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.

#### **Литература**

Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. М.: 1983.  
Кендал М., Стюарт А. Статистические выводы и связи / Пер. с англ. М.: Мир, 1976.  
Боровков А.А. Математическая статистика. М.: 1984.  
Бароне А., Патерио Д. Эффект Джозефсона: Физика и применения / Пер. с англ. М.: 1984.  
Физическая энциклопедия. Т. 1-5. М.: Сов. энциклопедия, 1988-1998.  
Брагинский В.Б. Физические эксперименты с пробными телами. М.: Наука, 1970.  
Воронцов Ю.И. Теория и методы макроскопических измерений. М.: Наука, 1989.  
Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. М.: Техносфера, 2005