

## Паспорт специальности

### 01.04.01 Приборы и методы экспериментальной физики

#### **Формула специальности:**

Приборы и методы экспериментальной физики – область науки и техники, включающая экспериментальные и теоретические исследования, направленные на разработку новых принципов и методов физических измерений, а также на создание новых приборов и устройств для изучения физических явлений и процессов.

#### Области исследований:

Изучение физических явлений и процессов, которые могут быть использованы для создания принципиально новых приборов и методов экспериментальной физики.

Разработка новых принципов и методов измерений физических величин, основанных на современных достижениях в различных областях физики и позволяющих существенно увеличить точность, чувствительность и быстродействие измерений. Разработка и создание научной аппаратуры и приборов для экспериментальных исследований в различных областях физики.

Развитие квантовой теории измерений.

Исследование фундаментальных ограничений на точность измерений.

Разработка и создание экспериментальных установок для проведения экспериментальных исследований в различных областях физики.

Разработка и создание новых приборов и аппаратурных комплексов для исследований в области астрономии и астрофизики.

Разработка и создание средств автоматизации физического эксперимента.

Разработка методов математической обработки экспериментальных результатов. Моделирование физических явлений и процессов.

# **ПРОГРАММА-МИНИМУМ кандидатского экзамена по специальности ( ВАК )**

## **01.04.01 "Приборы и методы экспериментальной физики"**

**Преподаватель: Жидков Николай Васильевич (зд360/ком319; раб. тел. 4 46 13; zhidkov\_nv@mail.ru)**

### **Раздел1. Методы измерения основных физических величин (основы метрологии)**

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

### Раздел3. 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,  $2$ -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.
- 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.

## **Раздел 7. Физика высоких плотностей энергии и проблемы управляемого термоядерного синтеза.**

Основные понятия управляемого термоядерного синтеза. (Энергия ядерных реакций, Сечение ядерных реакций, Скорости термоядерных реакций, Реакции дейтерий-тритиевого цикла, Побочные и перспективные реакции)

Основные направления экспериментальных исследований - МТС и ИТС. Критерии зажигания

Драйверы для ИТС. Основные требования к импульсу драйвера. Режимы облучения мишеней ИТС. Симметрия облучения.

Токамаки (ИТЕР) и Лазерные установки нового поколения ( NIF, LMJ ). Состояние исследований на мощных лазерах.