

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Сибирский федеральный университет»

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
доктор пед. наук, профессор

*(Подпись)*

Профессора Н. В./



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

Красноярск 2012

ПРОГРАММА-МИНИМУМ  
кандидатского экзамена по специальности  
**01.04.01 «Приборы и методы экспериментальной физики»**  
по техническим и 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.

**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, 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.

Непрерывная ЯМР спектроскопия. Принципы построения непрерывного ЯМР спектрометра, основные блоки спектрометра. Источники ошибок при регистрации сигнала ЯМР.

Фурье-спектроскопия ЯМР. Импульсный спектрометр ЯМР, принципы построения, блок-схема. Систематические ошибки в импульсных ЯМР спектрометрах. Одно- и двумерная ЯМР спектроскопия, ЯМР томография.

Техника ЭПР спектроскопии. Принципы построения схем спектрометра ЭПР, СВЧ-схемы. Чувствительность спектрометра, причины искажения формы линии.

Основные элементы оптических систем, их характеристики. Призмы, основные параметры, типы, элементы и оптические материалы. Дифракционные решетки, устройство и основные свойства и параметры, понятие инструментального контура. Светофильтры, общие свойства, абсорбционные, отражающие, интерференционные, дисперсионные, поляризационные светофильтры. Приемники излучения; фотоприемники, фотоэлементы и счетчики фотонов, фотоумножители, фотодиоды, линейные и матричные системы регистрации оптического излучения.

Оптические интерферометры. Типы интерферометров, системы измерения сдвига интерференционных полос, трехмерные карты интерферометрии поверхностей.

Фазово-сдвиговая интерферометрия. Модуляционная интерферометрия.  
Многоволновая интерферометрия.

Спектральные приборы. Основные параметры спектрального прибора, типы спектральных приборов: монохроматор, спектрограф, спектрометр, квантометр, полихроматор. Конструктивные элементы основных типов спектральных приборов. Приборы высокой разрешающей силы; интерферометр Фабри-Перо. Спектральные приборы с временным разрешением. Спектральные приборы с селективной модуляцией. Оптическая фурье-спектроскопия.

Техника лазерного эксперимента. Непрерывные и импульсные газовые лазеры. Основные рабочие среды, способы накачки, характеристики излучения, области применения. Твердотельные лазеры нано- и микросекундного диапазонов. Режим модулированной добротности. Методы перестройки частоты генерации. Лазеры на красителях. Лазеры с синхронизацией мод. Экспериментальная техника формирования и регистрации нано- и пикосекундных импульсов.

Твердотельные устройства управления характеристиками оптического излучения. Модуляторы света на основе электрооптического эффекта. Дефлекторы с изотропной дифракцией света на ультразвуке. Акустооптические модуляторы, акустооптические фильтры. Усилители лазерного излучения. Преобразователи частоты и генераторы высших гармоник.

Методы термодинамических измерений. Теплоемкость, энтропия, электро- и магнитокалорические эффекты. Калориметрические методы. Тепловое расширение твердых тел. Дилатометрия: методы и информативность.

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**

Общие принципы и типы организации автоматизированных систем физических исследований. Конструктивное оформление. Организация аппаратуры.

Функциональные блоки систем физических исследований. Модульные системы автоматизации физических измерений. Основные типы функциональных блоков. Способы преобразования измерений для передачи на значительные расстояния. Контроль процессов измерений в реальном времени.

Программное обеспечение систем физических исследований. Общие принципы организации программного обеспечения, основные языки программирования, пакеты специализированных программ, создание банков данных.

### **Литература основная**

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.

### **Литература дополнительная**

Эрнст Р., Боденхаузен Дж., Вокаун А. ЯМР в одном и двух измерениях. М., Мир, 1990.

Бюменфельд Л. А., Воеводский В. В., Семенов А. Г. Применение ЭПР в химии. Новосибирск, Наука, 1962.

Зайдель А. Н., Островская Г. В., Островский Ю. И. Техника и практика спектроскопии. М., Наука, 1976.

Ахманов С. А., Никитин С. Ю. Физическая оптика. Изд-во МГУ, 1998.

Кулаков В. Программирование на аппаратном уровне. Специальный справочник. СПб., Питер, 2003.

Смит Дж. Сопряжение компьютеров с внешними устройствами. Уроки реализации. М., Мир, 2000.

CAMAC — A Modular Instrumentation System for Data Handling. Revised Description and Specification. Report. EUR 4100e, CEC, Luxembourg 1972; deutsche bbersetzung; EUR 4100d; revised form: IEEE Standard 583-1975, IEC Recommendation 516; Bloc Transfers in CAMAC Systems, Supplement EUR 4100e, CEC, Luxembourg 1977; IEEE Standard 683-1976.

CAMAC — Organization of Multi-Crate System. Specification of the Branch Highway and CAMAC Crate Controller Typ A, Report EUR 4600e, CEC, Luxembourg 1972; revised form: IEEE Standard 596-1976.

CAMAC — A Modular Instrumentation System for Data Handling, Specification of Amplitude Analogue Signals, Report EUR 5100e, CEC, Luxembourg 1972; CAMAC Bulletin No. 8,28 (1973).

Государственный стандарт Союза ССР. Единая система стандартов приборостроения. Система КАМАК. Крейт и сменные блоки. Требования к конструкции и интерфейсу. ГОСТ 26.201-80.

Каратаев В., Васильковская Т., Бутырин П. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 – М.: ДМК Пресс, 2004 – 480 с.

[http://sine.ni.com/apps/we/nioc.vp?cid=1525&lang=USpxi\\_tech.htm](http://sine.ni.com/apps/we/nioc.vp?cid=1525&lang=USpxi_tech.htm)

<http://www.vmebus-systems.com/>

<http://www.ee.ualberta.ca/archive/vmefaq.html#intro>

<http://www.natinst.com/pxi>

<http://www.asutp.ru/?p=600034>

<http://www.labview.ru/default.php?product=1042-pxi>

<http://www.labview.ru/default.php?action=books>

<http://www.labview.ru/default.php?action=links>