

# Список вопросов для подготовки к вступительному экзамену в аспирантуру ИАП РАН по направлению: 03.06.01 Физика и астрономия (направленность: 01.04.01 Приборы и методы экспериментальной физики)

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО МЕТРОЛОГИИ И СРЕДСТВАМ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения и их элементы: физические величины, единицы, средства измерений, методы измерений, результат измерений и погрешность. Международная система единиц (СИ). Средства измерений: виды средств измерений, параметры средств измерений и эталоны. **Погрешности измерений: случайные и систематические, статические и динамические, грубые. Способы обнаружения погрешностей, введение поправок.**

### Литература.

1. Бурдун Г. Д., Марков Б. Н. Основы метрологии. М.: Изд. стандартов, 1985.
2. Дупин–Борковский И. В. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М.: Изд. стандартов, 1987.

## 2. ХРОМАТОГРАФИЯ И РАЗДЕЛЕНИЕ ВЕЩЕСТВ

1. Современные методы разделения веществ. Краткая история развития современных методов разделения и хроматографии. Классификация хроматографических методов по принципу разделения: адсорбционная, распределительная, ионообменная, гель-хроматография, аффинная. Классификация по способу разделения: фронтальный анализ, вытеснительная хроматография, проявительная хроматография. Классификация хроматографии по характеру подвижной фазы: жидкостная, газовая, сверхкритическая флюидная. **Основы теории жидкостной хроматографии, описание хроматографического процесса. Понятия: "теоретическая тарелка"; время удерживания; удерживаемый объем; разрешение.**

Элементы хроматографической техники: колонки, сорбенты, насосы, дозаторы, регистрирующие устройства, коллекторы фракций. Детекторы: фотометрический, рефрактометрический, флуориметрический, электрохимический. Микроколоночная хроматография и ее особенности. Экстракционная и противоточная хроматография. Чувствительность, эффективность и пределы обнаружения хроматографических методов. Препаративная жидкостная хроматография. Сочетание хроматографии с другими методами анализа вещества: хромато-масс-спектрометр. Перспективы развития хроматографии: сверхкритическая флюидная, капиллярная, иммуноаффинная.

**Электромиграционные методы разделения веществ: электрофорез тонкослойный, гель-электрофорез, изотахофорез, изоллектрическое фокусирование.**

Разделение веществ в полях различной физической природы (электрические, тепловые, магнитные поля, поле силы тяжести). Седиментационные методы (аналитическое и проточное фракционирование, фильтрация и приборы для мембранных процессов).

**Принципы иммуноферментного анализа (ИФА). Гомогенный и гетерогенный иммуноферментный анализ. ИФА на основе «ферментных» каналов, флуориметрический ИФА, ИФА на основе индикаторных полосок. Применение проточно–инжекционных систем и флуорисцентных меток в ИФА.**

### Литература.

1. Энгельгардт Х. Жидкостная хроматография при высоких давлениях. М.: Мир, 1980.
2. Лабораторное руководство по хроматографическим и смежным методам. Под ред. О.Микеша. М.: Мир, 1986, т. 1, 2.
3. Хроматография. Под ред. Э. Хертмана. М.: Мир, 1986, т. 1, 2.
4. Сакодынский К.И. и др. Приборы для хроматографии. М.: Машиностроение.
5. Михофер Г. (ред.) Иммуноферментный анализ. М.: Мир, 1988.

### **3. МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЯ, ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЕ И ИОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ**

Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Уравнения движения в форме Ньютона и Лагранжа. Законы подобия. Параксиальное приближение. Электростатические линзы. Магнитные линзы. Цилиндрический конденсатор и его фокусирующие свойства. Секторное магнитное поле, его фокусирующие и диспергирующие свойства.

**Масс-спектрометрия как аналитический метод: классификация масс-спектрометрических методов по областям применения. Масс-спектрометр как физический и электронно-оптический прибор. Структурная схема масс-спектрометра, основные узлы и их назначение. Источники ионов и виды ионизации. (электронный удар, химическая ионизация, поверхностная ионизация, искровой разряд). Анализаторы. Детекторы ионов.**

**Типы масс - спектрометров: статические магнитные, статические с двойной фокусировкой, динамические безмагнитные (времяпролетные и квадрупольные), масс-спектрометры, ион – циклотронного резонанса.**

Основные, характеристики масс-спектрометрии: - разрешающая способность, диапазон масс, чувствительность, точность определения массы и амплитуды сигнала.

#### **Литература.**

1. Сысоев А.А., Чупахин М.С. Введение в масс-спектрометрию. М.: Атомиздат, 1977.
2. Чепмен Дж., Практическая органическая масс-спектрометрия. М.: Мир, 1988.
3. Сысоев А.А., Физика и техника масс-спектрометрических приборов и электромагнитных установок. М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. Баранова Л.А., Явор С. Я. Электростатические электронные линзы. М.: Наука, 1976.

### **4. МЕТОДЫ РЕЗОНАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ**

Основы ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Ядерные моменты. Ядра во внешнем магнитном поле. Свободная и вынужденная прецессия. Уравнение Блоха. Ядерный магнитный резонанс. Макроскопическая теория ЯМР. Методы наблюдения ЯМР. Ширина и контур линий ЯМР. Ядерная спин-решетчатая и спин-спиновая релаксация. Тонкая структура линий ЯМР. Импульсные методы ЯМР. Фурье-спектроскопия ЯМР. Спектрометры ЯМР: основные элементы и принципы работы. Постоянные магниты, электромагниты. Сверхпроводящие магниты.

Квадрупольные эффекты в ЯМР-спектрах. Ядерный квадрупольный резонанс и спектроскопия ЯКР. Методы детектирования ЯКР: стационарные методы наблюдения ЯКР, импульсные методы наблюдения ЯКР.

Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Основные положения. Ширина линий и сверхтонкая структура ЭПР. Техника – ЭПР-спектроскопии. Основные элементы ЭПР спектрометров.

**Эффект Мессбауэра, резонансное рассеяние или поглощение веществом. гамма-квантов. Основные элементы спектрометра Мессбауэра: источники, детекторы, прецизионные системы перемещения.**

#### **Литература.**

1. Слиткер Ч. Основы теории магнитного резонанса. М.: Мир, 1981.
2. Гюнтер Х. Введение в курс спектроскопии ЯМР. М.: Мир, 1980.
3. Вертхейм Г. Эффект Мессбауэра. Принципы и применение.

### **5. МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Эмиссионные методы исследования. Термоэлектрическая эмиссия. Автоэлектронная и автоионная эмиссия. Термическая десорбция. Экзоэлектронная эмиссия. Туннельная микроскопия и спектроскопия.

Акустические методы исследования. Генерация и детектирование поверхностных акустических волн ( ПАВ ).

Зондирование поверхности электронами и позитронами. Дифракция быстрых и медленных электронов. Виды спектроскопии характеристических потерь энергии. Вторичная электронная спектроскопия. - спектроскопия. Спектроскопия потенциалов появления.

**Зондирование электромагнитным излучением. Инфракрасная спектроскопия поглощения и внутреннего отражения. Фотоэлектронная спектроскопия. Электронная спектроскопия для химического анализа (ЭСХА).**

Мессбауэровская спектроскопия поверхности. Фотоакустическая спектроскопия. Эллипсометрия и спектроэллипсометрия.

Зондирование поверхности ионами или нейтральными частицами. Масс-спектрометрия вторичных ионов. Ионно-электронная эмиссия. Спектроскопия рассеяния быстрых и медленных ионов. Ионно-электронная эмиссия. Метод рассеяния молекулярного пучка.

Методы подготовки поверхности и необходимые вакуумные условия. Аппаратура для реализации этих условий. Методы получения сверхвысокого вакуума. Насосы электроразрядные, турбомолекулярные, ионно- сорбционные, геттерные, криогенные.

**Сканирующая электронная и ионно-пучковая литография; молекулярно-лучевая эпитаксия: принципы методов и аппаратура.**

Источники потоков заряженных и нейтральных частиц и электромагнитного излучения. Источники ионной имплантации поверхностей, молекулярные источники. Основные источники излучения в видимом УФ, ВУФ, рентгеновском и гамма диапазонах.

### **Литература.**

1. Анализ поверхности методами Оже- и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Под ред. Д. Бриг и М. Сиха. М.: Мир, 1987.
2. Нефедов В. М., Черепин В. Т. Физические методы исследования поверхности твердых тел. М.: Наука, 1983.
3. Броудой Н., Мерей Дж. Физические основы микротехнологии.
4. Уэстон Дж. Техника сверхвысокого вакуума. М.: Мир, 1988.

## **6. ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ИК- И УФ-СПЕКТРОСКОПИИ. ЛАЗЕРЫ И ЛАЗЕРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ**

Методы спектрального разложения и дисперсионные элементы оптических приборов, применяемые в оптике: призмы, диффракционные решетки, интерферометры, эшелоны и элелетты, Фурье-анализ и Фурье-спектрометры. Селекция оптического излучения, фильтры абсорбционные, интерферометрические, интерференционно-поляризационные.

Основные типы спектральных приборов: спектрограф, монохроматограф, полихроматограф, спектрометр, квантометр, интерферометр. Приборы на основе волоконно-оптических элементов.

Основные характеристики оптических приборов: дисперсия, разрешающая сила, светосила, пропускание, поляризующие свойства спектральных приборов.

**Методы оптической, спектроскопии. Атомно-эмиссионная и атомно-абсорбционная спектроскопия. УФ- и ИК-молекулярная спектроскопия. Флуориметрия. Поляриметрия. Эллипсометрия. Светорассеяние.**

Приемники оптического излучения: фотоэмульсии, термопластики, фотоэлементы, фотоумножители, болометры, многоэлементные приемники излучения -фотодиодные линейки, микроканальные пластины, ПЗС.

Лазеры. Понятия о спонтанном и вынужденном излучении. Двух- и трехуровневая схемы, лазерного излучения. Основные типы лазеров: газовые (ионные, молекулярные), твердотельные, полупроводниковые, жидкостные. Лазеры как источники света для спектроскопии. Лазеры как стандарты частоты.

Оптические резонаторы. Спектральные, временные и пространственные характеристики лазерного излучения. Нелинейные оптические среды. Генерация, гармоник, суммарной и разностной частот. Параметрическое усиление и генерация. Приемники лазерного излучения. Формирование и измерение пико- и фемтосекундных лазерных импульсов.

**Методы лазерной спектроскопии. Лазерная абсорбционная и флуоресцентная спектроскопия. Внутррезонаторная спектроскопия. Много-фотонная: спектроскопия.**

**Оптоакустическая спектроскопия.** Внутридоплеровская лазерная спектроскопия высокого разрешения. Лазерная спектроскопия с временным разрешением, пикосекундная и фемтосекундная спектроскопия.

### **Литература.**

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1973.
2. Скоков И. В. Оптические спектральные приборы. М.: Машиностроение, 1984.
3. Демтродер В. Лазерная спектроскопия. М.: Наука, 1985.
4. Кондигенко И. И. и др. Физика лазеров. Киев.: Вища школа, 1986, 231с.

## **7. АППАРАТНЫЕ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ**

**Системы автоматизации измерений и управления в физическом эксперименте, и аналитическом приборостроении. Функции ЭВМ и устройств связи с объектом. Магистрально-модульные системы.**

Структура современных измерительно – вычислительных комплексов: состав, основные измерительные и управляющие модули, характеристик ИВК, средства измерений (АЦП, УВХ, коммутаторы), средства выдачи непрерывных сигналов, средства коммутации и ввода-вывода дискретных сигналов.

Элементная база современной микросхемотехники (ТТЛ, ЭСЛ, КМОП) Основные схемы: счетчики, регистры, дешифраторы, мультиплексоры, запоминающие устройства, комбинационные схемы. Заказные и полу-заказные БИС.

Архитектура мини- и микро-ЭВМ, используемых в автоматизации эксперимента: процессор, магистраль, организация памяти, способы адресации. Основные команды. Работа с внешними устройствами. Прерывания и их обработка. Прямой доступ к памяти. Набор внешних устройств.

Микропроцессорная техника в системе автоматизации эксперимента (580, 1810, 1801, 1816) – процессорные БИС, интерфейсы.

Интерфейсы систем автоматизации эксперимента. Принципы организации аппаратуры КАМАК - конструктив, электрический и логический стандарты, построение систем. Понятие о "Евроконструктиве", интерфейсах типа VME, И41. Последовательные интерфейсы (ИРПС, С2).

Локальные сети ЭВМ - архитектура, методы доступа, протоколы управления.

Программное обеспечение ИВК: системное и прикладное. Операционные системы и их компоненты (мониторы, трансляторы, компоновщики, утилиты).

Языки программирования (ФОРТРАН, ПАСКАЛЬ, АССЕМБЛЕР), средства отладки и редактирования. Примеры ОС: РАФОС, ДЕМОС, MS-DOS, CP/M.

Разработка программного обеспечения для мини- и микро-ЭВМ. Структура данных, управляющие структуры.

Организация работы в реальном времени. Методы организации программ и данных.

**Основные алгоритмы цифровой обработки сигналов. Предварительная обработка экспериментальных данных: статистическая, оптимальное сглаживание, линейная фильтрация, спектральные преобразования. Обнаружение пиков, удаление фона, разделение компонент.**

### **Литература.**

1. Певчев Ю.Ф., Финогенов К.Г. Автоматизация физического эксперимента. М.: Энергоатомиздат, 1986.
2. Задков В.Н., Пономарев Ю.В. Компьютер в эксперименте, архитектура и программные средства систем автоматизации. М.: Наука, 1988.
3. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях. – в 2-х томах, М.: Мир, 1983.
4. Мячев А.А., Иванов В. В. Интерфейсы вычислительных систем на базе мини- и микро – ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1986.
5. Микропроцессоры. в 3-х томах, под ред. Л.Н. Преснухина, Военная школа, 1983.