

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора ИЯФ СО РАН  
академик \_\_\_\_\_ А.Н. Скринский  
« 15 » февраля 2015 г.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА

кандидатского экзамена по специальности

**01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики»**

### I. Ускорители частиц

- Принципы и методы ускорения заряженных частиц. Высоковольтное ускорение. Резонансное ускорение. Принцип автофазировки. Орбитальная устойчивость движения частиц в аксиально-симметричном магнитном поле. Принцип сильной фокусировки. Метод встречных пучков.
- Современные ускорители заряженных частиц и их особенности. Электростатические ускорители. Циклические ускорители протонов (ионов): циклотрон, изохронный циклотрон, синхроциклотрон, синхротрон. Циклические ускорители электронов: микротрон, синхротрон. Линейные резонансные ускорители ионов. Линейные резонансные ускорители электронов. Накопители частиц и коллайдеры.
- Измерение параметров пучков. Контактные датчики. Вторично-эмиссионные датчики. Ионизационные датчики. Лазерные измерители профиля пучков. Оптические датчики. Электростатические и магнитоиндукционные датчики. Обратная задача диагностики. Спектральный анализ и другие методы обработки данных.

### Литература:

1. Смалюк В. В. Диагностика пучков заряженных частиц в ускорителях / Под ред. чл.-корр. РАН Н. С. Диканского. Новосибирск: Параллель, 2009. 294 с.
2. Коломенский А. А. Физические основы методов ускорения заряженных частиц. М. Изд. МГУ, 1980.
3. Лебедев А. Н. Шальнов А. В. Основы физики и техники ускорителей, 2-е изд. М. Энергоатомиздат, 1990.

## II. Экспериментальные методы ядерной физики

- Сцинтилляционные счетчики. Классификация сцинтилляторов. Механизм сцинтилляций. ФЭУ ФЭУ в магнитном поле. Амплитудное разрешение. Временное разрешение.
- Черенковские детекторы. Основные свойства черенковского излучения. Типы черенковских детекторов. Пороговые счетчики. Дифференциальные счетчики. Детекторы черенковских колец.
- Ионизационные камеры. Пропорциональные камеры. Счетчик Гейгера-Мюллера. Интегрирующие ионизационные камеры. Импульсные ионизационные камеры. Пропорциональные счетчики. Многопроводочные пропорциональные камеры. Индукционные пропорциональные камеры. Дрейфовые камеры.
- Искровые камеры. Искровые счетчики. Полупроводниковые детекторы. Принцип работы ядерных фотоэмульсий, камер Вильсона и пузырьковых камер.
- Методы измерения энергии частиц. Измерение по пробегу. Магнитные спектрометры. Счетчики полного поглощения (калориметры).

### Литература:

1. Онучин А. П. Экспериментальные методы ядерной физики: учебное пособие. / Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. 220 с.
2. Клайнкнехт К. "Детекторы корпускулярных излучений". М. Мир.1990.
3. Абрамов А.И. Казанский Ю.А. Матусевич Е.С. "Основы экспериментальных методов ядерной физики", 3-у изд.М.Энергоатомиздат,1985.
4. Акимов Ю.К. Игнатьев О.В. Калинин А.И. Кушнирук В.Ф. "Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике", М. Энергоатомиздат, 1989.

## III. Приборы и методы измерений в физике плазмы

- Системы для удержания плазмы. Пробкотрон. Токамак. Амбиполярная ловушка. Газодинамическая ловушка. Многопробочная ловушка.
- Емкостные накопители энергии. Генераторы высоковольтных импульсных напряжений. Коммутаторы больших токов. Магнитные системы открытых ловушек. Особенности вакуумных систем термоядерных установок.
- Нагрев плазмы. Нагрев плазмы током. ВЧ-нагрев. Нагрев плазмы пучками частиц.
- Диагностика плазмы. Электрические и магнитные зонды. Регистрация потоков частиц. СВЧ-диагностика. Инжекторы пучков быстрых атомов. Активная и пассивная корпускулярные диагностики.
- Оптические методы диагностики плазмы. Интерферометрия. Спектроскопия. Пучково-эмиссионная спектроскопия. Лазерное рассеяние. Рентгеновские методы диагностики. Нейтронные измерения.

### Литература:

1. Будкер Г. И. Термоядерные реакции в системе с магнитными пробками. К вопросу о непосредственном преобразовании ядерной энергии в электрическую // Физика

- плазмы и проблема управляемых термоядерных реакций, т.3, М.: Издательство АН СССР. С.3-31, 1958.
2. Рютов Д.Д. Открытые ловушки // УФН 154 565–614 (1988).
  3. Димов Г. И. Амбиполярная ловушка // УФН 175 1185–1206 (2005).
  4. Миллер Р. Введение в физику сильнооточных пучков заряженных частиц. М.: Мир, 1984.
  5. Голдстон Р. Дж. Диагностика высокотемпературной плазмы в магнитных ловушках // Основы физики плазмы / Под ред. Р.З. Сагдеева и М. Розенблюта. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – Т. 2. – С. 583–627.
  6. Давыденко В.И., Иванов А.А., Вайсен Г.. Экспериментальные методы диагностики плазмы. – Новосибирск: НГУ, 1999.
  7. Стрелков В.С. Физические основы методов диагностики плазмы в токамаке. – М.: МИФИ, 2004.
  8. Грин Т. Формирование и транспортировка пучков быстрых атомов / К. Барнет, М. Харрисон. Прикладная физика атомных столкновений. Плазма. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
  9. Глазков А.А., Саксаганский Г.Д. Вакуум электрофизических установок и комплексов. М.: Энергоатомиздат, 1985.

#### **IV. Источники интенсивного электромагнитного излучения на основе пучков электронов.**

- Синхротронное излучение и его свойства: поляризация, спектрально-угловое распределение, интенсивности излучения. Асимптотическое поведение спектра СИ при низких и высоких частотах, практические формулы для расчета СИ. Фазовый объем пучка СИ. Яркость источника СИ, магнитные структуры современных накопителей для получения максимальной яркости источника. Конструкция каналов вывода СИ и экспериментальные станции.
- Способы монохроматизации СИ. Использование СИ для проведения прикладных исследований. Экспериментальные методы, основанные на использовании СИ. Рентгеновская дифракция на пучках СИ и определение структуры биологических макромолекул. Фазовые переходы при сверхвысоких давлениях, алмазные наковальни. Дифракционное кино, фазовые переходы в быстропротекающих процессах (детонация, взрыв), образование нанодIAMAZOV. Рентгеновская спектроскопия. XAFS-спектроскопия. Магнитный дихроизм для изучения магнитных материалов. Рентгено-флуоресцентный элементный анализ. Микроскопия и микротомография. LIGA-технология.
- Излучение релятивистских электронов в магнитных периодических структурах. Угловые и спектральные характеристики ОИ (случай слабого и сильного поля ондулятора). Спиральные и плоские ондуляторы. Лазер на свободных электронах. Ускоритель-рекуператор. Характеристики излучения Новосибирского ЛСЭ. Детекторы и визуализаторы терагерцового излучения. Экспериментальные методы исследований в терагерцовом диапазоне.

#### **Литература:**

1. Джексон Д. Классическая электродинамика. Перев. с англ. М., "Мир", 1965.

2. Соколов А. А., Тернов И. М. Синхротронное излучение. М., "Наука" 1966.
3. Кулипанов Г. Н., Скринский А. Н.. Использование синхротронного излучения: состояние и перспективы. УФН, Т. 122, С. 369 (1977).
4. A. Hofmann, CERN LEP-DI/89-55 Characteristics of synchrotron radiation.
5. Kwan Je Kim, Berkly, Characteristics of synchrotron radiation.
6. Б. М. Болотовский, В. А. Давыдов Заряд, среда, излучение. - М.: Знание, 1989 - (Новое в жизни, науке, технике. Серия Физика, N 11, ISBN 5-07-000312-7).
7. Г.В.Фетисов. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ (под редакцией Л.А.Асланова). Издательство М.: Физматлит -2007 - 672 с. -

## **V. Методы автоматизации сбора и обработки данных физического эксперимента**

- Архитектура систем сбора данных (ССД) современных физических экспериментов. Стандарты современной электроники.
- Ступени отбора и преобразования данных. Назначение системы триггера ССД; уровни системы триггера.
- Основные устройства современных универсальных детекторов для экспериментов по физике элементарных частиц и их назначение.
- Первичные датчики для измерения – амплитуды, заряда, временных интервалов и сопутствующая электроника.
- Шумы, фильтрация шумов.
- Программируемые логические интегральные схемы. Специализированные языки программирования ПЛИС. Использование ПЛИС в экспериментах в физике высоких энергий.
- Компьютерные сети. Модель OSI. Протоколы Ethernet, IP, TCP, UDP. Принципы организации Internet.
- Парадигма объектно-ориентированного программирования. Понятие паттернов программирования. Примеры нескольких паттернов.
- Использование метода Монте-Карло для моделирования взаимодействия частиц с веществом.
- Реляционные системы управления базами данных. Язык SQL.

### **Литература:**

1. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: Учебник: В 3-х томах. Т3: Физика элементарных частиц. 6-е изд. СПб.: Лань, 2008.
2. Акимов, Игнатъев, Калинин, Кушнирук. Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике. –Дубна: ОИЯИ, 2009.
3. Ю.А.Акимов. Полупроводниковые детекторы ядерных излучений. – Дубна: ОИЯИ, 2009.
4. Ю.А. Акимов. Газовые детекторы ядерных излучений. – Дубна: ОИЯИ, 2011
5. Дмитриева, Ковтюх, Кривицкий. Ядерная электроника.
6. Базиладзе С. Г. Быстродействующая ядерная электроника.
7. А.П. Цитович. Ядерная электроника. Учебн. Пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1984.

8. К. Групен. Детекторы элементарных частиц. Новосибирск: Сибирский хронограф, 1999.
9. Методы анализа данных в физическом эксперименте. / Под ред. М.Реглера. М.: Мир, 1993.

Программу составил

Доктор физ.-мат. наук  
профессор

Б. А. Князев