

5 Современные методы регистрации частиц

Лектор: д.ф.-м.н. профессор, Акимов Юрий Константинович

(кафедра физики элементарных частиц физического факультета МГУ)

Код курса:
Статус: по выбору
Аудитория: специализации
Специализация: Физика элементарных частиц
Семестр: 1
Трудоёмкость: 2 з.е.
Лекций: 36 часов
Семинаров: 0 часов
Практ. занятий: 0 часов
Отчётность: Зачет
Начальные компетенции: М-ПК-1, М-ПК-6
Приобретаемые компетенции: М-ПК-3, М-ПК-4

Аннотация курса

В лекционном курсе содержатся базовые знания о принципах построения различных типов детекторов ядерных излучений и процессах образования в них сигналов. В рамках курса студенты знакомятся с современным состоянием в области разработок сцинтилляционных, черенковских, полупроводниковых и газовых детекторов, а также специфики их применения в тех или иных экспериментах с ядерными частицами и в прикладных исследованиях. При этом производится сравнение характеристик детекторов с целью наиболее оптимального их использования в конкретных применениях, а также рассматриваются пути дальнейшего совершенствования детекторов с учетом все возрастающих к ним требований на создаваемых установках.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен получить базовые знания о принципах построения различных типов детекторов ядерных излучений и процессах образования в них сигналов.

Образовательные технологии

Лекции читаются с использованием проекционного и компьютерного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс взаимосвязан с дисциплиной «Взаимодействие частиц и излучений с веществом» и «Специальным ядерным практикумом».

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Практика в Лабораториях специализации. Дисциплины, содержащие сведения об экспериментальных установках, как-то: «Введение в физику элементарных частиц», «Электрослабые взаимодействия», «Экспериментальные методы» и др.

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. Ю.К. Акимов. Фотонные методы регистрации излучений. Дубна: ОИЯИ, 2006.
2. Ю.К. Акимов. Полупроводниковые детекторы ядерных излучений. Дубна: ОИЯИ, 2009.
3. Ю.К. Акимов. Газовые детекторы ядерных излучений. Дубна: ОИЯИ, 2011. Имеется электронная версия.
1. Ляпидевский В. К. Методы детектирования излучений. М.: Энергоатомиздат, 1987, рис. 12.8.
2. Будагов Ю.А. и др. Ионизационные измерения в физике высоких энергий. М.: Энергоатомиздат, 1988.

Дополнительные учебные пособия, обеспечивающие курс

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

3. К. Клайнкнехт. Детекторы корпускулярных излучений, М: Издательство Мир, 1990.

1. Ю. К. Акимов. Черенковские детекторы в физике частиц. Ядерная физика. 2004. Том 67. № 7. С. 1410.
2. Ю.К. Акимов. Области применений аэрогелей (обзор). Приборы и Техника Эксперимента. 2003. № 3. С. 5.

Контроль успеваемости

Промежуточная аттестация проводится на 8 неделе в форме коллоквиума с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерий формирования оценки – посещаемость лекций студентами и их активность.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛА В СЧЕТЧИКЕ С ВАКУУМНЫМ ФЭУ. Структура ФЭУ. Источники световых сигналов: механизм люминесценции в NaI(Tl); механизм люминесценции в органических сцинтилляторах; черенковское излучение. Трансформация в сцинтилляционном счетчике поглощенной энергии в электрический сигнал. Статистика при формировании сигнала в ФЭУ. Амплитудные свойства ФЭУ. Влияние магнитного поля. Влияние температуры. Временные свойства ФЭУ. Шумы. Послеимпульсы	1
РАЗНОВИДНОСТИ ФЭУ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ. Определения чувствительности фотокатодов. Спектральные характеристики различных типов фотокатодов. Коэффициент сбора фотоэлектронов. Неоднородность фотокатодов. Амплитудные спектры ФЭУ. Фотоприемники с пониженной чувствительностью к магнитному полю. Радиационная стойкость ФЭУ. Миниатюризация ФЭУ. Передача света на фотокатод. Отражающие поверхности	2
ОРГАНИЧЕСКИЕ СЦИНТИЛЛЯТОРЫ. Структура и характерные свойства. Тушение сцинтилляций. Влияние внешних факторов на световой выход. Различные типы световодов. Волоконная оптика. Счетчики из органических сцинтилляторов. Телескоп и его характеристики. Идентификация заряженных частиц. Флуктуации ионизационных потерь. Детектирование нейтронов	3
ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ФОТОДИОДЫ. Кремниевые PIN-структуры. Дрейфовые фотодиоды. Энергетическое разрешение фотодиодов. Кремниевые лавинные фотодиоды. Сравнение характеристик твердотельных и вакуумных фотоприемников. СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ СЧЕТЧИКИ НА ОСНОВЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ. Йодиды натрия и цезия. Германат висмута. Фториды. Массивные быстрые сцинтиллирующие кристаллы. Вольфрамат свинца. Малогабаритные быстрые тяжелые сцинтилляторы. Предельное энергетическое разрешение. Радиационная стойкость	4
РАЗДЕЛЕНИЕ ЧАСТИЦ ПО ФОРМЕ ИМПУЛЬСА в органических и неорганических сцинтилляторах. Фосвич-детекторы. ВРЕМЕННАЯ СПЕКТРОМЕТРИЯ. Длительность световых сигналов. Временные флуктуации в ФЭУ. Временное разрешение. Дискриминация со следящим порогом	5
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ. Зонная структура. Формирование $p-n$ -перехода. Энергетическое разрешение. Типы кремниевых детекторов. Время собирания заряда. Германиевые детекторы. Детектирование ядерных частиц. Позиционно-чувствительные детекторы. Радиационная стойкость детекторов. Детекторы с микропикселями. Спектриметрические измерения с	6-7

гамма- и рентгеновскими лучами. Приборы изображений. Детекторы на основе компаундных материалов	
СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЕ ДЕТЕКТОРЫ ПОЛНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ. Электромагнитные калориметры: пространственная картина ливней; калориметры на монокристаллах; калориметры на основе пластмассовых сцинтилляторов. Адронные калориметры	8
ПОЗИЦИОННО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ. Вакуумные ФЭУ. Координатные приборы на основе сцинтиллирующего волокна. Гибридные фотодиоды. Твердотельные фотоумножители. Приборы с зарядовой связью. Электронно-оптические преобразователи. Сравнение характеристик	9
ИОНИЗАЦИОННЫЕ ГАЗОВЫЕ СЧЕТЧИКИ. Электроны и ионы в газах. Ионизационные камеры. Примеры детектирования различных частиц. Использование сжиженных газов. Счетчики с внутренним усилением. Газовое усиление. Счетчики Гейгера–Мюллера. Двухкоординатные гейгеровские детекторы. Пропорциональные счетчики: спектрометрия, счетчики высокого давления, регистрация нейтронов	10-11
ПРОВОЛОЧНЫЕ КАМЕРЫ. Ранние позиционно-чувствительные детекторы. Принцип действия многопроволочной пропорциональной камеры (МППК). Цилиндрические многопроволочные пропорциональные камеры. Примеры исполнения многопроволочных пропорциональных камер. Эффект старения газовых детекторов. Быстрые газовые смеси. Камеры с легким газом. Самогасящийся стримерный режим. Узкоазорные камеры	12
ДРЕЙФОВЫЕ КАМЕРЫ. Основы действия дрейфовых камер. Примеры дрейфовых камер различной конфигурации. Переходное излучение. Дрейфовые камеры и МППК — детекторы переходного излучения. Время-проекционные камеры	13
МОДУЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ КАМЕР. Модули из ячеек тонкостенных трубок. Камеры из отдельных дрейфовых трубок. Камеры на основе трубок типа «соломы». Переходное излучение. Трубки — регистраторы переходного излучения. Эффекты старения дрейфовых трубок. Дрейфовые детекторы с высоким давлением газа	14
РЕЗИСТИВНЫЕ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ КАМЕРЫ (РППК). Плоский искровой счетчик с локализованным разрядом. Динамика разряда и заряда электродных пластин. Крупногабаритные системы из РППК. РППК с высоким временным разрешением. РППК с плавающими электродами. Влияние различных факторов на свойства РППК	15
МИКРОСТРУКТУРНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ. Микромегас, газовые электронные умножители и др. — устройство, принцип действия, свойства и применение. Использование фоточувствительных катодов. СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЕ ДЕТЕКТОРЫ НА ОСНОВЕ БЛАГОРОДНЫХ ГАЗОВ. Газовая среда. Жидкая среда. Электролюминесценция	16
ДЕТЕКТОРЫ ЧЕРЕНКОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. Черенковские радиаторы. Аэрогельные счетчики. РИЧ-детекторы. Калориметры: Детектирование электромагнитных ливней. Калориметры с кварцевыми волокнами. Сцинтилляционно-черенковские калориметры. Водяные детекторы для поиска осцилляций нейтрино, регистрации ливней от космических частиц сверхвысоких энергий и нейтринной астрономии. ДЕТЕКТИРОВАНИЕ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	17-18

