

Физика ядра и частиц

программа для студентов 3 курса физического факультета МГУ

Введение

Основные этапы развития физики атомного ядра и частиц. Масштабы явлений микромира.

Свойства атомных ядер

Опыт Резерфорда. Размеры ядер. Ядро как совокупность протонов и нейтронов. Распределение заряда в ядре. Масса и энергия связи ядра. Стабильные и радиоактивные ядра. Квантовые характеристики ядерных состояний. Спин ядра. Статистические мультипольные моменты ядер.

Радиоактивность

Закон радиоактивного распада. Статистический характер распада. Радиоактивные семейства. Искусственная радиоактивность. Виды распада. α - распад. Туннельный эффект. Зависимость периода α - распада от энергии α - частиц. β - распад. Экспериментальное доказательство существования нейтрино. Разрешенные и запрещенные β - переходы. Несохранение четности в β - распаде. γ - излучение ядер. Электрические и магнитные переходы. Ядерная изомерия. Внутренняя конверсия. Эффект Мессбауэра.

Нуклон - нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил

Система двух нуклонов. Дейтрон - связанное состояние в n-p системе. Тензорный характер ядерных сил. Зарядовая независимость ядерных сил. Изоспин. обменный характер ядерных сил. Мезонная теория нуклон-нуклонного взаимодействия.

Модели атомных ядер

Микроскопические и коллективные модели. Модель Ферми-газа. Физическое обоснование оболочечной модели. Потенциал среднего ядерного поля. Спин-орбитальное взаимодействие. Одночастичные состояния в ядерном потенциале. Коллективные свойства ядер. Модель жидкой капли. Полуэмпирическая формула энергии связи ядра. Деформация ядер. Колебательные и вращательные состояния ядер. Обобщенная модель ядра.

Ядерные реакции

Методы изучения ядерных реакций. Детекторы частиц. Принципы работы ускорителей. Сечения реакций. Каналы реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях. Кинематика ядерных реакций. Механизмы ядерных реакций. Модель составного ядра. Резонансные ядерные реакции. Формула Брейта - Вигнера. Прямые ядерные реакции. Оптическая модель ядра. Взаимодействие фотонов и электронов с ядрами. Деление ядер. Деление изотопов урана нейтронами. Цепная реакция

деления. Ядерные взрывы. Ядерные реакторы. Реакции синтеза легких ядер. Термоядерная энергия. Трансурановые элементы. Сверхтяжелые ядра.

Взаимодействие ядерного излучения с веществом

Взаимодействие заряженных частиц со средой. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов. Пробеги заряженных частиц. Взаимодействие нейтронов с веществом. Замедление нейтронов. Прохождение γ - излучения через вещество. Биологическое действие излучения и защита от него.

Частицы и взаимодействия

Четыре типа фундаментальных взаимодействия. Константы и радиусы взаимодействия. Принципы описания взаимодействия частиц в квантовой теории поля. Переносчики взаимодействия. Понятие о диаграммах Фейнмана. Основные характеристики частиц. Классификация частиц. Калибровочные бозоны, лептоны и адроны. Фундаментальные частицы. Квантовые числа частиц и законы сохранения. Античастицы. Возбужденные состояния адронов. Резонансы.

Эксперименты в физике высоких энергий

Экспериментальные методы в физике высоких энергий. Ускорители. Встречные пучки. Пучки вторичных частиц. Детекторы. Реакции с частицами. Взаимодействия и распады частиц.

Электромагнитные взаимодействия

Основные свойства электромагнитного взаимодействия. Испускание и поглощение фотонов. Электромагнитное рассеяние лептонов. Взаимодействие фотонов с адронами. Векторные мезоны. Упругое рассеяние электронов. Формула Мотта. Форм-факторы нуклонов и частиц.

Сильные взаимодействия

Классификация адронов. Барионы и мезоны. Супермультиплеты адронов. Странность и другие адронные квантовые числа. Адронные свойства фотона. Глубоконеупругие процессы. Кварки. Глюоны. Кварковая модель адронов. Тяжелые кварки s , b , t . Цвет кварков и глюонов. Потенциал сильного взаимодействия. Асимптотическая свобода и невылетание кварков (конфайнмент).

Слабые взаимодействия

Основные характеристики слабого взаимодействия. Распады мюона и τ - лептона. Лептоны и лептонные квантовые числа. Промежуточные бозоны W^+ , W^- , Z . Законы сохранения в слабых взаимодействиях. Слабые распады лептонов и кварков. Нейтрино и антинейтрино. Взаимодействие нейтрино с веществом. Масса нейтрино.

Дискретные симметрии

Симметрии и законы сохранения. Пространственная инверсия. Зарядовое сопряжение. Обращение времени. Несохранение пространственной и зарядовой четности в слабых взаимодействиях. СРТ - инвариантность. Экспериментальная проверка инвариантности различных типов фундаментальных взаимодействий. CP - преобразование. K^0 - мезоны. Нарушение CP- симметрии в распаде K^0 - мезонов.

Объединение взаимодействий

Экранировка заряда в квантовой электродинамике. Зависимость констант взаимодействия от переданного импульса. Объединение электромагнитных и слабых взаимодействий Великое объединение. Поиск нестабильности протона.

Современные астрофизические представления

Эволюция и состав Вселенной. Реликтовое излучение. Космологический нуклеосинтез в горячей Вселенной. Нуклеосинтез в звездах. Распространенность химических элементов. Нейтринная астрономия. Сверхновые. Нейтронные звезды. Черные дыры. Космические лучи.

Заведующий кафедрой
общей ядерной физики,
профессор

Б.С.Ишханов