Элементарные частицы



Для изучения темы в курсе 11 профильного класса



Учитель физики БОУ «Тарская гимназия №1 им. А.М.Луппова» Гайсина И.В.

- До 1932 года были известны три фундаментальные частицы: электрон, протон, нейтрон, а также фотон, переносящий электромагнитное взаимодействие.
- Элементарная частица микрообъект, взаимодействующий с другими микрообъектами как единое целое.
- Ряд элементарных частиц (например, адроны) имеют сложную внутреннюю структуру, но разделить их на части оказывается невозможно.
- Другие элементарные частицы являются бесструктурными и могут рассматриваться как первичные фундаментальные частицы.

Фундаментальные частицы - бесструктурные элементарные частицы, которые до настоящего времени не удалось описать как составные. С 1932года было открыто более 400 элементарных частиц.

По величине спина (собственного момента количества движения) все частицы делятся: фермионы и бозоны.

Фермионы - частицы с полуцелым спином: $\hbar/2$, $3\hbar/2$,...(электрон, протон, нейтрон, электронное нейтрино).

Бозоны - частицы с целым спином: 0, h, 2h,... (фотон, π^+ - мезон).

Для распределения фермионов по возможным энергетическим состояниям справедлив *принцип Паули*.

В одном и том же энергетическом состоянии может находиться не более двух фермионов с противоположными спинами.

Для бозонов принципа Паули не существует, поэтому в одном энергетическом состоянии может находиться любое число бозонов.



Классификация элементарных частиц Античастица - элементарная частица, имеющая (по отношению к элементарной частице) равную массу покоя, одинаковый спин, время жизни и противоположный заряд. В 1932 году американский физик Карл Андерсон обнаружил античастицу электрона - позитрон (фотографируя траектории частиц космических лучей в камере Вильсона). В 1947г. обнаружен антипион π^{-} , в 1955г. антипротон, в 1956г. - антинейтрон. Были получены атомы антидейтерия, антитрития и антигелия, у которых отрицательно заряженные ядра и оболочки из позитронов. Антивещество - вещество, построенное из антинуклонов и позитронов.

- Классификация элементарных частиц Фотон - истинно нейтральная частица, совпадающая со своей античастицей.
- При столкновении частицы и античастицы они исчезают (аннигилируют).
- Аннигиляция процесс взаимодействия элементарной частицы с ее античастицей, в результате которого они превращаются в ү кванты (фотоны) электромагнитного поля или другие частицы.
- При столкновении электрона и позитрона обе частицы исчезают, а рождаются два у кванта (фотона).
- Фундаментальные частицы взаимопревращаются они могут как исчезать, так и рождаться.

Рождение пары - процесс, обратный аннигиляции.

Электронпозитронная пара может возникнуть при взаимодействии ү кванта с веществом.

Все частицы, обладающие массой, гравитационно взаимодействуют друг с другом.



Лептоны как фундаментальные частицы По отношению к сильному взаимодействию все элементарные частицы делятся на адроны и лептоны.

Адроны - элементарные частицы, участвующие в сильном взаимодействии.

Лептоны - фундаментальные частицы, не участвующие в сильном взаимодействии. К лептонам относятся 12 частиц (6 частиц и 6 античастиц). Все лептоны являются фермионами (они обладают полуцелыми спинами ħ/2).

Для выделения класса лептонов вводят квантовое число - лептонный заряд L (для лептонов L= 1, для антилептонов L= -1, для адронов L=0).

Лептоны как фундаментальные частицы

Закон сохранения лептонного заряда Сумма лептонных зарядов до и после взаимодействия сохраняется.

В 1975г. был открыт самый тяжелый отрицательно заряженный лептон - таон т (т-лептон).



Лептоны как фундаментальные частицы

Любое взаимодействие обусловлено обменом виртуальных частиц. Сильное взаимодействие нуклонов обеспечивается обменом π^+ - мезоном. В 1956г. американский физик Джулиан Швингер предположил, что переносчиком слабого взаимодействия являются два заряженных промежуточных векторных бозона W⁺ и W⁻. В 1961г. американский ученый Шелдон Глэшоу предположил, что переносчиком может быть и нейтральный Z° - бозон.

Массы промежуточных бозонов определены экспериментально в 1983г. группой европейских ученых под руководством Карло Руббиа и Симона Ван дер Меера.

К классу адронов относятся около 300 элементарных частиц, участвующих в сильном взаимодействии. В зависимости от значения спина адроны делятся на мезоны и барионы.

Мезоны - бозоны со спином, равным о, ћ, участвующие в сильном взаимодействии. Барионы - фермионы со спином, равным ћ/2, 3ћ/2, участвующие в сильном взаимодействии.

В группе барионов выделяют подгруппы: нуклоны с s=1/2 и гипероны (все остальные барионы) с s=1/2, 3/2.

За исключением протона, являющегося стабильной частицей, все другие адроны распадаются.

В 1963г. американские физики Мюррей Геллман и Джордж Цвейг предположили, что адроны являются составными частицами. Нуклоны (протоны и нейтроны), согласно их гипотезе, состоят из трех фундаментальных, электрически заряженных частиц, названных кварками.

Подобно тому как в опыте Резерфорда по рассеянию α - частиц было обнаружено атомное ядро в центре атома, в Стэнфордском эксперименте в 1969г. по рассеянию электронов на протонах и нейтронах было обнаружено пространственное распределение электрического заряда в нуклоне.



- Было установлено существование трех точечных зарядов в нуклонах. Эти частицы, свободно перемещающиеся внутри нуклона, как три пчелки в стакане, и есть кварки. Их заряд может быть как положительным, так и отрицательным (дробный электрический заряд).
- Кварк с зарядом + 2/3е назвали u- кварком (от англ. up- вверх), а кварк с зарядом -1/3е d- кварком (от англ. down вниз).
- Кварковый состав протона uud, нейтрона udd.

- Важной характеристикой кварка является его барионный заряд.
- Для всех барионов B=1, у антибарионов B=-1, у частиц, не являющихся барионами, B=0.
- Барионный заряд кварка принят равным 1/3, что дает для барионов (протона и нейтрона) B=1.
- Закон сохранения барионного заряда Во всех взаимодействиях барионный заряд сохраняется.

- После обнаружения элементарных частиц, состоящих из всех комбинаций u- и d- кварков, были открыты тяжелые адроны, для объяснения свойств которых пришлось использовать еще две пары кварков: s (от англ. strange странный) и c (от англ. charmed очарованный), а также b (от англ. beauty красота) и t (от англ. truth правда).
- Все кварки фермионы. Они имеют полуцелый спин, т.к. адроны являются фермионами.
- Различные типы кварков называют ароматом.

Взаимодействие кварков

Согласно кварковой модели некоторые барионы должны состоять из кварков одного аромата (типа). Например, Δ^{++} - барион состоял из трех одинаковых и -кварков, являющихся фермионами, что невозможно по принципу Паули. Для выхода из затруднительного положения была выдвинута гипотеза, что эти кварки отличаются цветом. Согласно этой гипотезе каждый тип (аромат) кварков может иметь три цветовых заряда: красный, зеленый и синий (и-кварк несет один из трех цветовых зарядов: u_{κ}, u_{3} или u_{c}).

Антикварки имеют антицвет, как бы нейтрализующий цвет: антикрасный (фиолетовый), антизеленый (красный), антисиний (желтый).

Взаимодействие кварков

- Фундаментальными частицами считают кварки и лептоны.
- *Кварки* фундаментальные частицы, участвующие в сильном взаимодействии.
- Всего (вместе с антикварками) 36кварков.
- **Лептоны** фундаментальные частицы, не участвующие в сильном взаимодействии.
- Лептонов и антилептонов 12.
- Все фундаментальные частицы фермионы.
- Лептоны и кварки образуют начальный структурный уровень организации материи.
- Окружающая Вселенная состоит из 48 фундаментальных частиц.

Взаимодействие кварков

- Сильное взаимодействие между кварками осуществляется при обмене глюонами (от англ. glue клей).
- Глюон бозон со спином ћ, переносчик сильного взаимодействия.
- Глюон электрически нейтрален и не имеет массы покоя. Всего 8 глюонов (6 из них переносят цветорой запата с бесцветны).





Спасибо за внимание!