

УДК 53

В.И. ГЛАДКОВСКИЙ, В.Я. ХУСНУТДИНОВА

ФОРМИРОВАНИЕ ЕДИНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ МИРА В КОНТЕКСТЕ ПРИНЦИПА ЗАПРЕТА ПАУЛИ

Существует расхожее мнение, суть которого сводится к тому, что физика элементарных частиц слишком сложна и непонятна для студентов технических вузов. Но указанная тема играет весьма важную роль в процессе формирования единой физической картины мира [1]. Поэтому устранение этой темы из списка рассматриваемых, на наш взгляд, не желательно. Ниже приводится примерное содержание лекции по теме “Элементарные частицы”.

Выделяют две разновидности элементарных частиц: частицы с полуцелым спином, называемые *фермионами*, и частицы с целочисленным спином, которые называют *бозонами*. Спин нуклонов, например, электрона и нейтрино, равен $\frac{1}{2}$, спин фотона, относящегося к бозонам, равен 1. Все частицы с полуцелым спином подчиняются *принципу запрета Паули*, согласно которому две одинаковые частицы не могут существовать в одном и том же состоянии с одинаковым набором квантовых чисел. На частицы с целым спином принцип запрета Паули не распространяется.

Подлинно элементарными частицами, из которых построено все вещество в нашем мире, в настоящее время считаются частицы с полуцелым спином: *лептоны* и *кварки*. Эти частицы называются элементарными в том смысле, что не обнаружено других частиц, из которых они состоят.

Семейство *лептонов* состоит из частиц трех поколений: к *первому поколению* относятся *электрон* (e^-) и *электронное нейтрино* (ν_e); *второе поколение* – *мюон* (μ^-) и *мюонное нейтрино* (ν_μ) и, наконец, *третье поколение* – *таон* (τ^-) и *таонное нейтрино* (ν_τ):

Электрон, мюон и таон всегда появляются в паре только со своим нейтрино. У каждого лептона есть своя античастица: (e^+ , μ^+ , τ^+ и все виды антинейтрино).

Электрон является самым известным стабильным представителем лептонов. Из нестабильных частиц первым был открыт **мюон**, который тяжелее электрона более чем в 200 раз и распадается на электрон и два нейтрино примерно за две миллионные доли секунды. Самым массивным в трио заряженных лептонов является **таон**. Его масса более чем в 3500 раз превышает массу электрона, а время жизни составляет примерно $\tau = 3 \cdot 10^{-12}$ с.

С каждым из заряженных лептонов ассоциированы, пожалуй, самые таинственные частицы микромира – **нейтрино**. Огромная проникающая способность, отсутствие заряда и чрезвычайно малая масса долгие годы делали их неуловимыми. Сам Паули, который ввел эту частицу, спасая законы сохранения, говорил, что он сделал что-то ужасное, предложив нечто, что никогда не будет проверено экспериментально. Действительно, только пройдя сквозь слой свинца такое же расстояние, как от Солнца до центра нашей Галактики, пучок нейтрино наверняка прореагирует целиком. И тем не менее спустя три десятилетия электронное нейтрино было обнаружено, а несколько позже зарегистрировали и мюонное нейтрино. Самой неуловимой из всех элементарных частиц оказалось тау-нейтрино, открытое лишь летом 2000 года.

Нейтринная физика, зародившаяся в пятидесятых годах, сейчас переживает свой расцвет, – созданы мощные нейтринные обсерватории, в международных программах по изучению нейтрино участвуют сотни ученых из разных стран мира, результаты этих экспериментов представляют большой интерес для таких различных областей нашего знания, как космология, ядерная физика, геофизика, теория элементарных частиц.

Заметим, что одним из интереснейших практических применений нейтринных пучков высоких энергий в последнее время стало их использование для поисков нефти и для точных измерений скорости дрейфа континентов.

Второе семейство фундаментальных элементарных частиц, из которых построены *адроны* (*барионы* и *мезоны*), получило название **кварков**. Название «кварки», введенное М. Гелл-Маном в 1964 г. не имеет прямого смыслового значения и было заимствовано из романа Дж. Джойса «Поминки по Финнегану», герою которого во снах часто слышались слова о таинственных трех кварках: «Три кварка для мистера Марка!».

Существует шесть разновидностей кварков, (физики называли их «ароматами») которые, подобно лептонам, группируются в пары и образуют три поколения. *Первое поколение* – *u* и *d* кварки (*up* – *верхний* и *down* – *нижний*); *второе поколение* – *s* и *c* кварки (*strange* – *странный* и *charm* – *очарованный*) и, наконец, *третье поколение* – *b* и *t* кварки (*beauty* – *красивый* и *true* – *истинный*; иногда их называют *bottom* и *top*).

Последний шестой *t*-кварк был обнаружен сравнительно недавно — лишь в 1995 году.

Кварки являются фермионами (их спин равен $\frac{1}{2}$, как и у лептонов). Барийонное число для кварков равно одной трети $B=1/3$, для антикварков — $B=-1/3$. У каждого кварка есть еще одна характеристика, которую физики называли *ароматом*.

Все *барионы* являются комбинациями трех кварков. *Нуклоны* — фундаментальная основа атомных ядер, являются самыми легкими барионами и состоят из кварков первого поколения. Протон состоит из двух *u*-кварков и одного *d*-кварка, нейтрон из двух *d*-кварков и одного *u*-кварка:

Легко проверить, что заряд протона при этом оказывается равным единице ($2/3+2/3-1/3=+1$), а заряд нейтрона нулю ($2/3-1/3-1/3=0$).

Нейтрон тяжелее протона, потому что *d*-кварк тяжелее *u*-кварка. Появляется новое объяснение процессы β^+ — и β^- — распадов как взаимопревращения кварков ($u \leftrightarrow d$).

Мезоны получаются из сочетания пары кварк-антикварк. Ясно, что барионное число мезонов равно нулю, а спин равен нулю или единице. Сочетания из трех антикварков образуют антибарионы (антипротоны, антинейтроны и т.д.).

Все многообразие адронов возникает за счет различных сочетаний кварков шести ароматов. Обычным адронам соответствуют связанные состояния, построенные только из *u*- и *d*-кварков. Если же в связанном состоянии, наряду с *u*- и *d*-кварками, имеется, например, *s*- или *c*-кварк, то соответствующий адрон называют *странным* или *очарованным*.

В описанной стройной схеме обнаруживается принципиальный дефект. Кварки, будучи фермионами, не могут составлять друг другу компанию, если их состояния одинаковы. Присутствие вместе кварков одного аромата нарушает принцип запрета Паули. Для устранения выявившегося несоответствия ввели еще одно квантовое число, которое было названо *цветом*. Конечно, никакого «цвета» в общепринятом смысле у кварков нет, так же как «аромат» кварков не имеет никакого отношения к запаху. Важно, что за цветом стоит реальное свойство кварков. Таким образом, кварки любого аромата могут находиться в трех различных цветовых состояниях, в результате адрон должен быть «бесцветным».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Любутина, Л.Г. Физическая картина мира. Фундаментальное строение материи: методическое пособие / Л.Г. Любутина, В.Б. Нагаев. — М. : РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. — 50 с.