

лептонные заряды называют просто *сохраняющимися числами*. Подлинные заряды слабого взаимодействия — это заряды превращения ν_e в e^- , ν_μ в μ^- и т. д. — источники полей слабого взаимодействия. Эти заряды оказываются тесно связанными с симметрией изоспина.

Поле слабого взаимодействия

Долгое время слабое взаимодействие рассматривалось как 4-фермионное и казалось совершенно непохожим на электромагнитное. Однако в 50-е годы были замечены черты аналогии: 4-фермионное взаимодействие есть прямое, непосредственное поле взаимодействия двух слабых токов перехода. Теоретически более привлекательным казался путь рассматривать такое взаимодействие как низкоэнергетический предел взаимодействия, подобного электромагнитному, но с очень большой массой кванта поля взаимодействия. Чтобы элементарное взаимодействие тока (и заряда) слабого перехода с квантом поля слабого взаимодействия характеризовалось той же константой, что и аналогичный элементарный акт электромагнитного взаимодействия, требовалось, чтобы масса кванта слабого взаимодействия была порядка 100 ГэВ. Кроме того, кванты слабого поля электрически заряжены. Из этого выросла современная теория слабого взаимодействия, подробно обсуждаемая в книге Л. Б. Окуня « $\alpha\beta\gamma \dots Z$ ».

Выделим некоторые характерные черты этой теории. Рассмотрим электрон и электронное нейтрино. Это две разные частицы. Электрон электрически заряжен. Нейтрино электрически нейтрально. Но все же это очень схожие частицы. Это два лептона. Они имеют одно и то же лептонное электронное число. Наверняка для них все различия связаны с тем, что электрон — электрически заряжен, а нейтрино — нет. Но тогда эта пара совсем похожа на пару протон — нейтрон. Эти две частицы (электрон и нейтрино) можно рассматривать как разные состояния одного лептонного поля.

Положим в основу теории *неразличимость зарядовых компонент* лептонов. Тем самым мы попадаем в «зарядовое пространство», в пространство лептонного

изоспина. Всевозможные переходы между лептонами — источники поля слабого взаимодействия.

Теория Глешоу — Вайнберга — Салама вводит четыре типа полей взаимодействия лептонов.

Два поля, W^+ и W^- , связаны с квантовыми переходами, в которых электрический заряд лептонов меняется. В квантовом переходе электрон — нейтрино (или антинейтрино — позитрон) должен рождаться отрицательно заряженный квант W^- . В квантовом переходе нейтрино — электрон (или позитрон — антинейтрино) должен испускаться положительно заряженный квант W^+ . В таких переходах заряд лептона меняется — это заряженные слабые токи перехода. Такие токи появлялись еще в теории Ферми (только без учета несохранения четности), входили в теорию универсального слабого взаимодействия. Но теперь эти токи прямо не взаимодействуют с другими слабыми токами. Слабое взаимодействие передается опосредованно через заряженное поле слабого взаимодействия, т. е. через рождение и поглощение квантов этого поля, промежуточных бозонов слабого взаимодействия W^- и W^+ .

Третье поле — это поле электромагнитного взаимодействия электрически заряженных лептонов. Оно появляется в теории Глешоу — Вайнберга — Салама наряду с полями слабого взаимодействия.

Но появлялось еще и четвертое поле, связанное с переходами нейтрино — нейтрино и электрон — электрон. В токах этих квантовых переходов электрический заряд частицы не меняется. Это нейтральные токи, подобные нейтральному электромагнитному току. В электромагнитном токе электрический заряд тоже не меняется. Только электромагнитный ток — источник электромагнитного поля. А нейтральные токи слабого взаимодействия — источники электрически нейтрального Z -поля.

Z -поле взаимодействует с нейтрино. Электромагнитное поле — нет. Z -поле по-разному взаимодействует с левовинтовыми и правовинтовыми электронами, так что это взаимодействие нарушает четность. Электромагнитное поле взаимодействует с левовинтовыми и правовинтовыми электронами одинаково. В электромагнитном взаимодействии четность сохраняется. Взаимодействие нейтральных токов, связанных с полем Z , — новый тип слабого взаимодействия.

Это было первым важным предсказанием теории Глешоу — Вайнберга — Салама. Предсказывался новый тип слабых переходов, в которых заряд частицы не менялся, а четность нарушалась. Как должны проявляться эти переходы?

Нейтральные токи

Наиболее яркие наблюдательные следствия существования нейтральных токов предсказывались при обобщении теории Глешоу — Вайнберга — Салама на мир нуклонов.

Наряду с опосредованным W -полем способом описания старых известных типов процессов (например, β -распада) предсказывались новые типы слабых процессов, в которых должно было проявляться существование поля Z .

Здесь надо заметить, что о возможном существовании W -кванта физики говорили еще задолго до появления теории Глешоу — Вайнберга — Салама. Говорили, исходя просто из аналогии с фотоном. Есть фотон — частица поля электромагнитного взаимодействия. Почему бы не быть и W -бозону — частице поля слабого взаимодействия.

Так же, задолго до появления теории Глешоу — Вайнберга — Салама, еще на уровне представления о непосредственном взаимодействии слабых зарядов и токов обсуждалась возможность существования взаимодействия нейтральных слабых токов. И еще с тех пор физики стали обсуждать, как это взаимодействие могло бы проявиться.

Во-первых, должен был бы наблюдаться новый тип взаимодействия нейтрино. В пучках энергичных нейтрино, создаваемых на ускорителях, наряду с процессами обычного слабого взаимодействия, в которых нейтрино превращается в заряженные лептоны, должны были бы наблюдаться события нового типа. В этих процессах начальное нейтрино уничтожалось бы во взаимодействии с нуклонами, но вместо заряженного лептона снова рождалось бы нейтрино, т. е. процессы упругого и неупругого рассеяния нейтрино без его превращения в заряженный лептон.

Во-вторых, появлялся бы новый тип взаимодействия между электронами и ядрами атома — из-за взаимодействия слабых нейтральных токов электронов и