

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,  $\beta$ -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

нуклонов. Несохранение четности во взаимодействии нейтральных токов приводило бы к неодинаковому взаимодействию с ядрами левовинтовых и правовинтовых электронов. Эта возможность обсуждалась еще в конце 50-х гг. Из-за неодинакового взаимодействия с ядром правовинтовых и левовинтовых электронов должно наблюдаться слабое вращение поляризации света в атомах, невозможное, если между электронами и ядром действуют только электромагнитные силы.

До 1973 г. предсказание Z-взаимодействия казалось недостатком теории Глешоу — Вайнберга — Салама, но в 1973 г. рассеяние нейтрино за счет нейтральных токов было обнаружено. Однако и после открытия нейтральных токов во взаимодействии нейтрино эта теория не была принята. Некоторое время дело осложнилось тем, что в опытах американских и английских физиков-экспериментаторов не наблюдалось предсказываемое теорией Глешоу — Вайнберга — Салама вращение поляризации света, обусловленное неодинаковым взаимодействием левовинтовых и правовинтовых электронов с ядрами атомов. Появлялось много моделей единого электрослабого взаимодействия. Эти модели вводили новые типы лептонов и кварков, привлекали новые типы их взаимодействия для того, чтобы левые и правые электроны взаимодействовали с ядром одинаково. Опровергнуть эти новые модели можно было только экспериментально.

Советские физики провели в Институте ядерной физики Сибирского отделения АН СССР эксперимент по поиску вращения поляризации света в парах висмута. В отличие от результатов американских и английских физиков, они наблюдали эффект вращения поляризации, т. е. наблюдали эффект, вызываемый несохранением четности во взаимодействии слабых нейтральных токов электронов и нуклонов. По величине и знаку эффект совпадал с предсказанием теории Глешоу — Вайнберга — Салама.

Эксперимент в Новосибирске блестяще подтверждал предсказания теории Глешоу — Вайнберга — Салама. Вскоре пришли и другие подтверждения несохранения четности во взаимодействии нейтральных токов. В рассеянии энергичных электронов на ядрах наблюдалось различие взаимодействия право- и лево-

винтовых электронов. Такое различие отвечало ожиданиям теории Глешоу — Вайнберга — Салама.

В 1979 г. Вайнберг, Салам и Глешоу были удостоены Нобелевской премии.

### Реальность W- и Z-бозонов

На основе теории Глешоу — Вайнберга — Салама было предсказано, что слабое взаимодействие осуществляется за счет обмена W- и Z-промежуточными бозонами — квантами поля слабого взаимодействия.

Вероятность процесса слабого взаимодействия определяется в теории Глешоу — Вайнберга — Салама величиной, пропорциональной  $[e^2/M_W^2]^2$ , где  $M_W$  — масса W-бозона. Сравнивая эту величину с соответствующей величиной, определяемой из вероятности  $\beta$ -распада нейтрона (или распада мюона), можно было однозначно предсказать значение массы W-бозона, а из вероятности взаимодействия нейтральных токов — массы Z-бозона. Из-за большой массы бозонов W- и Z-взаимодействия и оказываются слабыми.

Существование фотонов буквально «очевидно» — мы убеждаемся в этом, открывая глаза их потокам. Существование W- и Z-бозонов было далеко не так просто установить. Из-за большой массы W- и Z-бозонов требуется очень большая энергия частиц, в столкновениях которых эти бозоны рождаются. Более того, родившись с такой затратой энергии, W- и Z-бозоны долго существовать не могут. Вследствие своей большой массы они распадаются на более легкие частицы. Например, W<sup>-</sup>-бозон распадается на  $e^-\bar{\nu}_e$ , а Z — на пару  $e^+e^-$ . Время, за которое поток частиц уменьшается в  $e$  раз из-за их распада, называется в физике *временем жизни* этих частиц. Время жизни W- и Z-бозонов оказывается очень малым. Оно меньше, чем  $10^{-24}$  с. Поэтому непосредственно наблюдать W и Z невозможно. Их кратковременное существование отражается только в появлении продуктов их распада.

В начале 80-х гг. в Европейском центре ядерных исследований вступил в строй так называемый *коллайдер* — установка, в которой протоны и антипротоны разгонялись навстречу друг другу до энергии 270 ГэВ. Эта энергия намного превышает порог обра-