

Итак, мезонная теория привлекла для объяснения сильного взаимодействия новые частицы — мезоны с положительным, отрицательным и нулевым электрическим зарядом и предсказывала величину их массы.

Теория Юкавы строилась по аналогии с электромагнетизмом, поэтому, вообще говоря, спин мезона должен был бы быть равным 1, но для простоты математических расчетов Юкава не учитывал спина мезонов, рассматривая их как частицы со спином 0. Оказалось, что именно этот простейший случай и осуществляется. Благодаря их нулевому спину обмен мезонами ведет к притяжению одинаковых частиц (например, двух нейтронов), и выбор спина 0 не только дань простоте. Как мы увидим, мезоны не играют такую фундаментальную роль в физике сильного взаимодействия, какую играют фотоны в электромагнетизме. Но сама постановка вопроса о существовании помимо электромагнитного новых полей взаимодействия и идея о связи таких полей с симметрией частиц сыграли очень важную роль в дальнейшем развитии физики.

Если при столкновении нуклонов есть избыток энергии, превышающий энергию покоя мезона, то возможен квантовый процесс рождения мезона в свободном состоянии. В 30-е гг. еще не было ускорителей частиц. Но были известны естественные потоки ускоренных частиц — космические лучи. В поисках мезонов физики обратились к изучению взаимодействия космических частиц в атмосфере.

В 1937 г. заряженная частица с массой приблизительно равной массе, предсказывавшейся для мезона в теории Юкавы, была найдена. Но это была не та частица!

Странные времена — странные частицы

Частица, открытая в 1937 г. в космических лучах, была названа мезоном. Ее можно было бы назвать мезоном из-за «промежуточного» (между электроном и нуклоном) значения ее массы. Но эта частица не обладала ядерным взаимодействием. Она взаимодействовала с ядрами только потому, что была электрически заряженной. Она взаимодействовала с ядрами как электрон — за счет электромагнитного взаимодействия, а также (снова наподобие электро-

на) путем слабого взаимодействия. Был открыт *мюон* μ^- — старший брат электрона. Как у электрона, у мюона μ^- была античастица μ^+ . Позже было установлено, что с мюоном связано свое, *мюонное, нейтрино*. Электрон, мюон, нейтрино (ν_e, ν_μ) и их античастицы составили отдельное семейство *лептонов*.

В дальнейших исследованиях взаимодействия космических лучей историческая ошибка была исправлена и был открыт настоящий

мезон, *π -мезон*. Именно та частица, которую предсказывала мезонная теория. Выяснилось, что заряженный π -мезон распадается на мюон и нейтрино. Поэтому-то в космических лучах в поисках частицы π и открыли частицу μ — продукт распада π . Был открыт и предсказывавшийся мезонной теорией π^0 -мезон, распадающийся на 2γ -кванта.

Кроме «тяжелого электрона» — мюона, появились «тяжелые мезоны» — *K-мезоны* и «тяжелые нуклоны» — *гипероны*.

Изучая процессы рождения K-мезонов в первых ускорителях частиц, физики обнаружили странную закономерность. K-мезоны всегда рождались в паре с гиперонами или со своими античастицами (анти-K-мезонами).

K-мезоны и гипероны названы *странными частицами* и их *странность* стали измерять количественно, приписывая, например, K^+ - и K^0 -мезонам странность $+1$, а Σ^- и Λ -гиперонам — странность -1 , а Ξ -гиперонам — странность -2 . Странность мезонов и нуклонов предполагалась равной 0, странность античастиц должна была быть противоположной странности частиц. Странная частица могла родиться в процессе столкновения частиц с нулевой странностью (нуклонов или π -мезонов с нуклонами) только в паре со странными частицами с противоположной странностью. Тогда странность начального и конечного со-

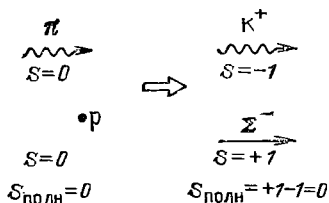


Рис. 10. Во всех реакциях сильного взаимодействия странность S сохраняется. Так, взаимодействие π^- -мезона ($S=0$) с протоном ($S=0$) ведет к рождению частиц K^+ -мезона ($S=-1$) и Σ^- -гиперона ($S=+1$) с противоположной странностью. Полная странность при этом не меняется: $S_{\text{полн}}=0$ как в начале, так и по окончании этой реакции

стояния реакции не меняется: была нулевая, нулевой и осталась (рис. 10).

Нестабильность была общим свойством новых тяжелых частиц. Но анализ их наблюдаемых времен жизни показывал, что скорей надо удивляться их замечательной стабильности.

Времена жизни странных частиц (10^{-8} — 10^{-10} с) были очень большими по сравнению со временем

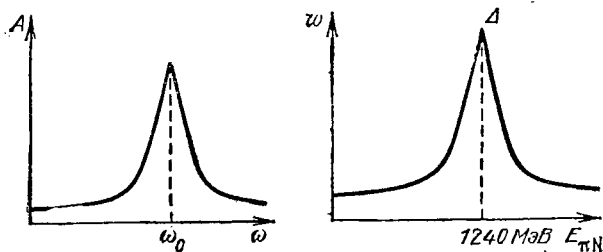


Рис. 11. Зависимость вероятности ω взаимодействия пиона с нуклоном от полной энергии $E_{\pi N}$ пион-нуклонной системы имеет резонансный характер. При энергии системы 1240 МэВ, равной массе Δ -изобары, вероятность взаимодействия резко возрастает, как возрастает амплитуда A колебаний маятника при частоте колебаний ω , равной резонансной ω_0 . Это сходство позволило назвать Δ -изобару и многие другие подобные ей короткоживущие частицы частицами-резонансами

жизни (10^{-23} с) частиц — резонансов, обнаруженных при анализе распределения по энергиям образующихся в реакциях мезонов и нуклонов. Например, измеряя зависимость от полной суммарной энергии (включающей и энергию покоя) вероятности образования π -мезона и нуклона, наблюдали картину, подобную резонансным кривым в теории колебаний. Аналогично резкому возрастанию амплитуды колебаний при определенной частоте при энергии вблизи 1240 МэВ вероятность образования π -мезона и нуклона резко возрастала. Наблюдался резонансный пик (рис. 11). Подобные резонансные пики наблюдались и в системе двух π -мезонов, и в системе трех π -мезонов... Эти пики отвечали рождению и быстрому распаду *частиц-резонансов*.

Такие частицы по традиции называли элементарными. Но исследования их свойств наталкивали на более реалистическую и простую картину. Снова — как в атомах и молекулах — на идею составных частиц.