

О МАССАХ ЧАСТИЦ (РЕЗОНАНСОВ) СО СТРАННОСТЬЮ

$$S = -4 \text{ и } S = +1$$

Я.Б.Зельдович

Харари и Липкин [1] рассмотрели ряд свойств гипотетического барнионного 35-плета, который согласно симметрии $SU(3)$ содержит частицы со странностью от $S = -4$ ($Y = -3$) и до $S = +1$ ($Y = +2$).

В модели кварков этот супермультиплет отличается тем, что он строится из 4 кварков и одного антикварка (см. таблицу ниже). Поэтому следует ожидать немонотонного хода массы частиц в зависимости от странности S или гиперзаряда Y . В самом деле в 35-плете возбужденное нуклонное состояние ^I) с изоспином $5/2^- N_5^*$ строится из кварков, как $4p, \bar{n}$; $3p, \bar{n} + 4p, \bar{p}$; ..., $4n, \bar{p}$, т.е. без участия странных кварков и антикварков λ и $\bar{\lambda}$.

Состояние X_1 ($S = -4$, $I = 1/2$) строится как $4\lambda\bar{p}$; $4\lambda\bar{n}$ и естественно предположить, что X_1 тяжелее, чем N_5^* , так же как Ω тяжелее чем Δ в декуплете и как Ξ тяжелее N в октете; наглядной общей причиной является предположение, что λ тяжелее n и p .

Таким образом, в ряду $N_5 \dots X_1$ ожидается нормальная зависимость массы от S или Y .

Обратимся к состоянию I_4 ($S = +1$, $I = 2$), которое в кварках представляется как $4p\bar{\lambda}$; ... ; $4n\bar{\lambda}$.

Если λ тяжелее p и n , то и $\bar{\lambda}$ также тяжелее \bar{p} и \bar{n} и поэтому следует ожидать, что I_4 тяжелее, чем N_5^* ; следовательно, здесь модель кварков предсказывает зависимость массы от странности, противоположную той, которая имеет место в октете и декуплете барионов (но подобную ситуации в мезонах). Однако такая ситуация не противоречит существующим представлениям о расщеплении масс.

В рамках формулы Гелл-Манна - Окубо

$$M = a + bY + c[I(I+1) - 1/4 Y^2] \quad (I)$$

одновременное выполнение условий $M(X_1) > M(N_5^*)$; $M(I_4) > M(N_5^*)$ возможно, однако при этом необходимо, чтобы коэффициент $c < 0$; в модели кварков это характерно для 35-плета. На опыте у октета барионов, как известно, $c = +39$ Мэв, положительно и не связано с разностью масс λ и n, p .

Можно привести еще один качественный аргумент в пользу того, что в 35-плете $c < 0$: сравним N_3^* и N_5^* . Состояния N_5^* состоят только из p, n, \bar{p} и \bar{n} (например, $N_5^{*++} = (4/5)3p\bar{n}, \bar{n} + (1/5)4p\bar{p}$ - здесь приведены квадраты коэффициентов Клебша-Гордона), что видно из того, что они получаются изотопическим поворотом из $N_5^{*+++} = 4p, \bar{n}$.

Состояния N_3^* содержат также λ и $\bar{\lambda}$. За счет того, что λ и $\bar{\lambda}$ тяжелее, чем p, \bar{p}, n, \bar{n} , следует ожидать, что N_3^* тяжелее, чем N_5^* , что соответствует $c < 0$. В октете же состояние с

большим изоспином Σ тяжелее, чем состояние с меньшим изоспином Λ при равных S, Y , т.е. $c > 0$.

Предположим, что разность масс λ и n, p играет основную роль ²⁾, и положим $m_\lambda - m_{n,p} = \mu$, а также $m(N_5^*) = m_0$; $m(X_1') = m_0 + 4\mu$; $m(I_4) = m_0 + \mu$.

Сопоставляя с формулой (I), найдем

$$6b = 3c = -\mu. \quad (2)$$

Из рассмотрения декуплета находим $\mu = 146$ Мэв, из рассмотрения октета следует $\mu = 191$ Мэв.

Авторы работы [1] отождествляли N_5^* с резонансом в районе 2400 Мэв, а резонанс в районе 1500 Мэв сопоставляли с N_3^* .

В действительности, по-видимому (см. [2]), наблюдается резонанс при 1560 ± 20 Мэв с распадом на $p + \pi^+ + \pi^+$, что устанавливает его принадлежность к N_5^* (в N_3^* , очевидно, максимальный заряд равен +2).

С найденными выше постоянными b и c в формуле (I) получается следующая таблица масс:

Частица	Y	S	I	M, Мэв	Распад	Порог, Мэв
I_4	+2	+1	2	1716-1760	$K\pi N$	1570
N_5^*	+1	0	5/2	1570	$\pi\pi N$	1210
N_3^*	+1	0	3/2	1814-1890	$\pi\pi N$	1210
Y_4	0	-1	2	1716-1760	$\pi\pi\Lambda$	1385
Y_2	0	-1	1	1910-2015	$\pi\pi\Lambda$	1385
Ξ_3^*	-1	-2	3/2	1863-1951	$\pi\pi\Sigma$	1590
Ξ_1^*	-1	-2	1/2	2009-2141	$\pi\pi\Sigma$	1590
Ω_2^*	-2	-3	1	2009-2141	$\pi\Omega$	1820
Ω_0	-2	-3	0	2106-2270	$\pi\pi\Omega$	1950
X_1'	-3	-4	1/2	2155-2332	$\bar{K}\Omega$	2180

В графе М приведены два значения в Мэв соответственно двум предположениям о μ ; в последних столбцах приведены заимствованные у Харари и Липкина [1] схемы распада, разрезанные по $SU(3)$ -симметрии и соответствующие пороги.

Из сопоставления видно, что лишь X_1 имеет шанс быть стабильным относительно сильного распада.

Наряду с поисками X_1 ($S = -4$) наиболее интересны поиски бариона с положительной странностью $I_{1/2}$ ($S = +1$). Ожидаемый порог реакции

$$N + N = I_{1/2} + \Sigma$$

в лабораторной системе (один из N покоится) порядка $\rho_N = 4$ Бэв/с, а для $\pi + N = I_{1/2} + K$ порог $\rho_\pi = 2,2$ Бэв/с.

Особенно характерна реакция

$$\pi^+ + p = I_{1/2}^{+++} + K^-, \quad I_{1/2}^{+++} = p + \pi^+ + K^+$$

Пользуясь случаем выразить благодарность Л.Б.Окуню за дискуссии.

Поступило в редакцию

5 августа 1965 г.

Литература

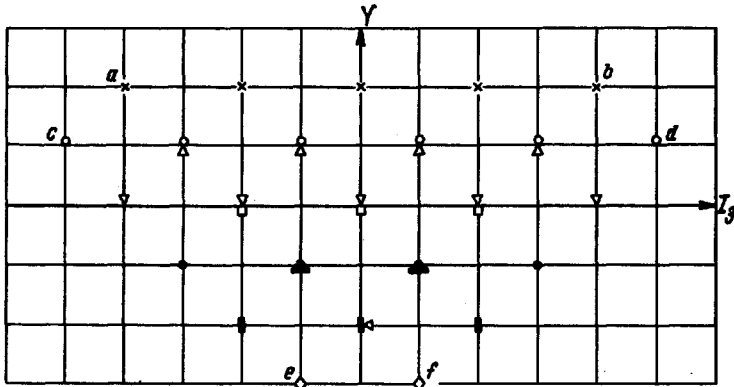
- [1] H. Harari, H. J. Lipkin. Phys. Rev. Lett., 13, 345, 1964.
 [2] С. Никитин. Доклад на IX Междунар. конф. по физике высоких энергий. Дубна, 1964. См. также G. Alexander, O. Benary, B. Beyter, A. Sharira, E. Simopoulou, G. Yekutieli. Phys. Rev. Lett., 15, 207, 1965.

1) Индекс везде равен удвоенному изоспину (2I).

2) Пример октета, где расщепление $m(\Sigma) - m(\Lambda) = 78$ Мэв, показывает, что сделанное выше предположение имеет весьма малую точность; все нижеследующие оценки масс являются весьма грубыми.

Дополнение

Для справок приводим схему 35-плета в координатах I_3, Y , заимствованную в [1], с названиями частиц и составами частиц на углах диаграммы. В списке обозначений в скобках - электрический заряд частиц.



$\times - I_4(+3_{90^{-1}})$; $\circ - N_5^*(+3_{90^{-2}})$; $\Delta - N_3^*(+2_{90^{-1}})$; $\nabla - \chi_4(+2_{90^{-2}})$; $\square - Y_2(+1_{90^{-1}})$;
 $\circ - E_3^*(+1_{90^{-2}})$; $\ominus - E_1^*(0, -1)$; $\uparrow - \Omega_3(0_{90^{-2}})$; $\leftarrow - \Omega_0(-1)$; $\diamond - \chi_1(-1, -2)$
 $a = 4n\bar{\lambda}$; $b = 4p\bar{\lambda}$; $c = 4n\bar{\rho}$; $d = 4p\bar{\rho}$; $e = 4\lambda\bar{\rho}$; $f = 4\lambda\bar{n}$