Доклады Академии наук БССР

1966. Том X, № 3

Н. С. АКУЛОВ

ТЕОРИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Будем исходить из следующей модели: система, состоящая из частицы, вращающейся вокруг некого центра (керна) по орбите диаметром порядка 10^{-13}, может находиться в различных состояниях, характеризуемых квантовыми числами, в качестве которых мы возьмем спиновое ($s=0, \pm 1/2$), лептонное ($L=0, \pm 1$), «зарядовое» ($l=0, \pm 1$) *), «мюонное» (м$=0, \pm 1$), барионное ($B=0, \pm 1$), странное ($S=0, \pm 1$). Такая модель, когда $B=0$, соответствует лептонам. На низшем уровне, когда $s=\pm 1/2$, $L=1$, а остальные квантовые числа равны нулю, мы имеем нейтрино ν_c. При $l=-1$ мы получаем электрон и мюон.

При $B=1$ возникают, однако, особые частицы «реоны», у которых система квантовых чисел та же, что у лептонов. Следовательно, четыре реона можно рассматривать как лептоны с высшими степенями возбуждения ($B=1$) или, наоборот, лептоны можно рассматривать как слабо возбужденные реоны (с $B=0$ и $S=0$). Дополнительно мы имеем $(+)$-реон. Античастицы получаются путем изменения знаков квантовых чисел. В дальнейшем эта система квантовых чисел будет уточнена.

Для классификации и получения структур всех элементарных частиц будем исходить из принципа, что все частицы отличаются друг от друга композицией квантовых чисел. От их значений зависят и массы. Так как существуют частицы из нескольких реонов, целесообразно ввести новое квантовое число, которое показывает, из скольких реонов и антиреонов состоит данная элементарная частица или ядро. Для лептонов это число (n) равно единице, для мезонов — двум и для барионов — трем. Таким образом, получается классификация, данная в табл. 1.

Таблица 1

Лептоны и реоны ($n=1$)

	Частицы	Барионное число B	Зарядовое число l	Лептонное число L	Мюонное число м	Странность S	Спин s
Лептоны	ν_e, ν_μ	0, 0	0, 0	1, 1	0, 1	0, 0	1/2, 1/2
	e^-, μ^-	0, 0	−1, −1	1, 1	0, 1	0, 0	1/2, 1/2
Реоны	(0), $(\dot{0})$	1, 1	0, 0	0, 0	0	0, −1	1/2, 1/2
	$(-)$, $(\dot{-})$	1, 1	−1, −1	0, 0	0	0, −1	1/2, 1/2
	$(+)$	1	$(+)$	0	0	0	1/2

*) В единицах заряда протона.

Алгоритм построения мезонов. Следует взять два реона (+), (0), $(\dot{0})$, где точкой отмечена странность (—1), и соединить их в пары с их антиреонами [(—), (0), $(\underset{\bullet}{0})$], где точкой отмечена странность (+) (см. табл. 2).

Таблица 2

Мезоны ($n=2$)

Спин	Реоны $B=1$	Антиреоны $B=-1$					
		$(\tilde{\mp})$		$(\tilde{0})$		$(\tilde{\dot{0}})$	
		(−)		(0)		$(\underset{\bullet}{0})$	
$s=0$	(+)	η	(+ −)	π^+	(+ 0)	K^+	$(+\ \underset{\bullet}{0})$
	(0)	π^-	(0 −)	π^0	(0 0)	K^0	$(0\ \underset{\bullet}{0})$
	$(\dot{0})$	K^-	$(\dot{0}\ -)$	$\overline{K}{}^0$	$(\dot{0}\ 0)$	χ	$(\dot{0}\ \underset{\bullet}{0})$
$s=1$	(+)	ω	(+ −)	ρ^+	(+ 0)	K^{*+}	$(+\ \underset{\bullet}{0})$
	(0)	ρ^-	(0 −)	ρ^0	(0 0)	K^{*0}	$(0\ \underset{\bullet}{0})$
	$(\dot{0})$	K^{*-}	$(\dot{0}\ -)$	$\overline{K}{}^{*0}$	$(\dot{0}\ 0)$	φ^0	$(\dot{0}\ \underset{\bullet}{0})$

Полученная на основании данного алгоритма классификация мезонов полностью согласуется с опытом по числу мезонов для $s=0$, $s=1$, по зарядам, по барионному числу ($B=0$) и по странности.

Алгоритм построения барионов. Следует взять четыре нестранных мезона (см. табл. 2) для $s=1$ и к (0,0) присоединить (—)-реон, а к остальным трем присоединить (+)-реон и в полученных таким образом Δ-резонансах с $s=1+1/2=\dfrac{3}{2}$ возбудить последовательно странность сперва у одного из (—)- и (0)-реонов, входящих в барион (за исключением бариона, не содержащего ни одного (—)-реона), затем у двух и, наконец, у трех (см. табл. 3).

Примечание. При $s=1/2$ барионы (0 + +), (0 0 —) и $(\dot{0}\ \dot{0}\ \dot{-})$ выпадают, так как они обладают антисимметричными (в координатах) функциями; кроме того, при $s=1/2$ структуры $(\dot{0}\ -\ +)$, $(0\ \dot{-}\ +)$ перестают быть неразличимыми (объяснение см. далее).

Таким образом получаются барионные декаплет и октет в полном согласии с опытом по числу барионов, по спину, величине заряда и значениям странности.

Легко видеть, что для барионов, полученных на основе алгоритма, можно написать следующие неравенства, связывающие значения заряда Q и странности S и определяющие их экспериментальные значения, а вместе с тем и числа барионов z для различных значений странности:

$$-1 \leqslant Q-S \leqslant 1+B.$$

Действительно, отсюда при $B=1$, беря последовательно $S=0$, -1, -2, -3, мы получаем значения Q для барионов (см. табл. 2). Число z

Барионы ($n=3$)

$B=1$	s спин	Заряд	Странность S							
			0		-1		-2		-3	
Декаплет	$^3/_2$	-1	$0\ 0-$	Δ^-	$0\ \dot{0}-$	Σ^{*-}	$0\ \dot{0}\dot{-}$	Ξ	$\dot{0}\dot{0}\dot{-}$	Ω^-
		0	$0-+$	Δ°	$0\dot{-}+$	$\Sigma^{*\circ}$	$\dot{0}\dot{-}\dot{+}$	Ξ		
		1	$+-+$	Δ^+	$+\dot{-}+$	Σ^{*+}				
		2	$+0+$	Δ^{++}						
Октет	$^1/_2$	-1	$-$	$-$	$0\ 0\dot{-}$	Σ^-	$0\ \dot{0}\ \dot{-}$	Ξ^-	$-$	$-$
					$\left\{ 0\ \dot{-}+ \right.$	Σ°	$-\dot{0}+$	Ξ°		
		0	$0-+$	N	$\left. \dot{0}-+ \right\}$	Λ				
		1	$+-+$	P	$+-+$	Σ^+				
		Q								

уменьшается при этом от 4 до 1, когда странность уменьшается от 0 до —3, т. е. (для декаплета)

$$z = 4 - |S|.$$

Перейдем к расчету магнитных моментов.

Рассмотрим два соседних реона. Пусть вокруг их центров движутся разноименные заряды. Радиус круговой орбиты лептона не может быть больше расстояния между центрами (иначе оба центра окажутся внутри круговой траектории). Путем простого геометрического построения окружностей (см. рисунок), каждая из которых проходит через центр другой, легко убедиться, что внутри общей «обменной» зоны между разноименными реонами будет находиться одна треть каждой из окружностей. Наличие этой зоны весьма важно для обеспечения связи. Кроме того, мы видим, что при расчете магнитного момента необходимо брать в качестве эффективной длины траектории или 2/3, или $1/3 = (1/6 + 1/6)$ от ее общей длины в зависимости от знаков заряда соседних реонов. Наличие нейтральной зоны мы будем отмечать вертикальной чертой, а направление спина — стрелкой. Таким образом, $(\overrightarrow{+}\,|\,\overleftarrow{-}\,|\,\overrightarrow{+})$ характеризует состояние протона с двумя нейтральными зонами, где активными остаются заряды $(+2/3)$ у первого, $(-1/3)$ у второго и $(+2/3)$ у третьего реонов (квазикварки!). Тогда, если через μ_1 обозначить момент реона, в котором вся длина окружности является активной, то в указанном состоянии, когда спины $(+)$-реонов параллельны, протон имеет магнитный момент, равный

$$\mu'_P = \left[+\frac{2}{3} - \left(-\frac{1}{3}\right) + \frac{2}{3}\right]\mu_1 = \frac{5}{3}\mu_1. \tag{1}$$

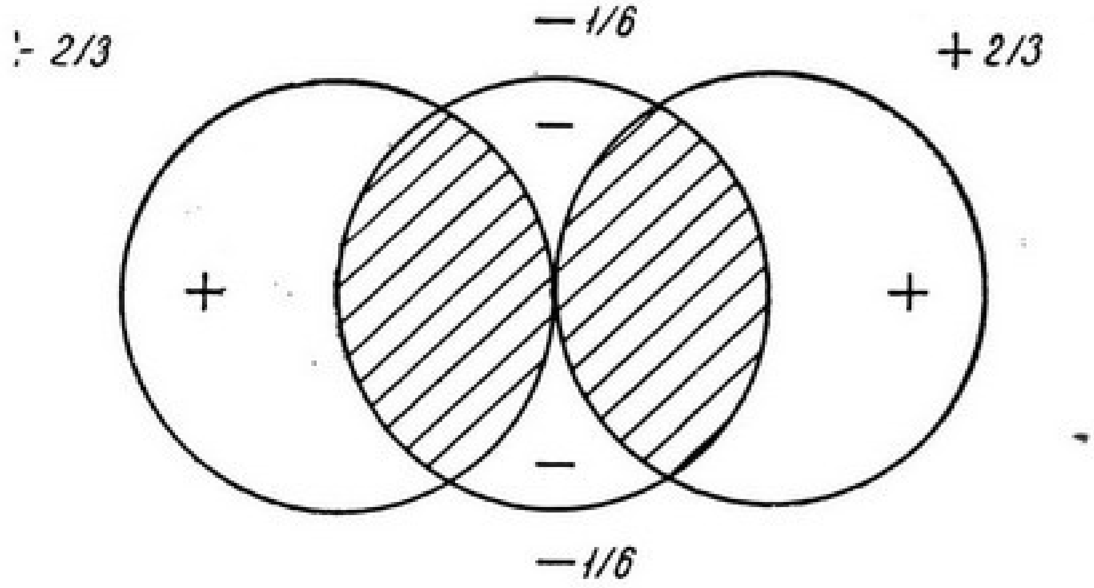
Кроме того, легко видеть, что протоны могут находиться во втором состоянии (с антипараллельными спинами у положительных реонов), т. е. $(\overrightarrow{+}\,|\,\overleftarrow{-}\,|\,\overleftarrow{+})$. Для него

$$\mu''_P = \frac{1}{3}\mu_1. \tag{2}$$

Для величины момента, согласно (1) и (2), в среднем получаем

$$\mu_P = \frac{1}{2}\left(\frac{5}{3} + \frac{1}{3}\right)\mu_1 = \mu_1. \tag{3}$$

Нейтрон является суперпозицией двух состояний: $(\overleftarrow{+}\,|\,\overrightarrow{-}\,\overrightarrow{0})$ и $(\overleftarrow{+}\,|\,\overleftarrow{-}\,\overrightarrow{0})$. Магнитный момент первого состояния μ_N' равен $\left[-\frac{2}{3} + \left(-\frac{2}{3}\right)\right]\mu_1$ (вследствие компенсации в единственной нейтральной зоне 1/3 положительного и 1/3 отрицательного зарядов).



$$(\overrightarrow{+}\,|\,\overleftarrow{-}\,|\,\overrightarrow{+})\ p$$

Схема движения заряженных частиц (+1) в протоне, состоящем из (+)-, (—)- и (+)-реонов (дробные эффективные заряды получаются в результате наличия двух «обменных» зон)

Для второго состояния $\mu_N'' = 0$, ибо магнитные моменты реонов (+) и (—), имея одинаковую величину, различны по знаку. Учитывая, что относительное время нахождения для каждого из двух состояний равно половине, получаем

$$\mu_N = \frac{1}{2}\left(-\frac{4}{3} + 0\right)\mu_1 = -\frac{2}{3}\mu_1. \tag{4}$$

Таким образом, в согласии с опытом

$$\frac{\mu_N}{\mu_P} = -\frac{2}{3} \tag{5}$$

(опыт дает, как известно, —0,685).

К тем же значениям μ_N и μ_P формализм теории кварков приводит только при дополнительном использовании чуждых ему по методике следствий из теории групп для обоснования вероятностей различных состояний. При учете реонной модели этот вопрос решается непосредственно.

Вместе с тем на основе теории реонов может быть дано физическое обоснование основных положений в формализме теории кварков, если учитывать эффект проникновения лептонных «облаков» в соседние реоны. При этом мы покажем, что существуют кварковые числа зарядов, но не существует кварков, т. е. свободных частиц с дробными зарядами.

1. Можно принять, что отрицательный заряд из (—)-реона в структуре (+ —0) с вероятностью 1/3 проникает в (+), а оставшиеся в сред-

нем 2/3 отрицательного заряда делятся поровну между (—) и (0). Мы получаем тогда для средней величины зарядов «кварковые числа» (+2/3, —1/3, —1/3).

Дополнительно заметим, что, если, согласно п. 1, учесть в структуре (+ — 0) эффект проникновения электронного облака в (0), становится очевидным, что при параллельности спинов оба состояния $(+ - \dot{0})$ и $(+ \dot{-} 0)$ являются равнозначными и только при переходе к спину 1/2 мы вместо одной структуры $\Sigma^{*\circ}$ (для $s = 3/2$) получаем две: $\Sigma^\circ(0 + \dot{-})$ и $\Lambda^\circ(\dot{0} + -)$ (см. примечание к алгоритму).

2. То, что (+)-реон не может иметь странного возбуждения, мы уже отмечали в табл. 1. Рассматривая с учетом этого «антагонизма» структуру (+ 0 +), мы можем считать, что 1/3+1/3=2/3 положительного заряда проникает в (0). В результате становится невозможным возбуждение странности у (0). Кроме того, для средней величины зарядов мы снова имеем тогда кварковые числа (+2/3, +2/3, +2/3).

3. При учете миграции лептонных зарядов мы имели бы в структурах типа (0+0) по (+1/3) заряда «на кварк». Это в кварковом формализме исключается. Алгоритм показывает, что этот случай действительно исключается на основании указанного правила подсоединения мезонов к (+)- и (—)-реонам, что дает некоторые указания о характере сил связи реонов с мезонами.

Вместе с тем устраняется ряд трудностей, которые испытывала модель кварков при рассмотрении явлений распада. Например, при бета-распаде нейтрона имеет место переход $\left(\frac{2}{3}, -\frac{1}{3}, -\frac{1}{3}\right) \to \left(\frac{2}{3}, -\frac{1}{3}, +\frac{2}{3}\right)$. Дать объяснение превращению заряда $\left(-\frac{1}{3}\right)$ в $\left(\frac{2}{3}\right)$, не включая дополнительно целочисленные заряды, невозможно. В теории реонов мы имеем для перехода нейтрона в протон $[(+-0) \to (+-+)]$ простую реакцию $(0) = (+)(e^-)(\tilde{\nu}) \to (+) + e^- + \tilde{\nu}$.

Различие в выводах дают обе концепции при рассмотрении явлений связи между частицами, а также распада мезонов и барионов. При распаде их на реоны или лептоны, согласно реонной теории, мы, очевидно, должны получать частицы с целочисленными зарядами. Между тем, согласно теории кварков, при распаде барионов и мезонов должны возникать частицы с дробными зарядами (явление, которое никогда не наблюдалось, и нет пока достаточных оснований полагать, что оно будет когда-нибудь наблюдаться).

Особенно интересным является включение лептонов в общую систематику.

Все это позволяет считать, что реоны, т. е. фундаментальные частицы с целочисленным зарядом, действительно существуют. Вследствие взаимного проникновения лептонных «облаков» (в соседних реонах) они ведут себя внутри барионов подобно частицам с дробными зарядами +2/3 и —1/3. В то же время продукты их распада не могут иметь дробных зарядов, даже в среднем.

Отдел физики неразрушающего контроля АН БССР

Поступило 26.I 1966