

УДК 539.12.01

Н. А. Корхмазян

О массе нейтрино

(Представлено академиком НАН Армении А.Ц.Аматуни 20/XII 1998)

Как известно, верхние и нижние кварки расположены асимметрично на “оси” заряда. С целью некоторой симметризации указанной асимметрии будем приписывать кваркам новое аддитивное квантовое число σ с таким расчетом, чтобы в сочетании с электрическим зарядом q того же кварка получить заряд одноименного лептона. Тогда, например, для u и d кварков получим $\sigma_u = \frac{1}{3}$ и $\sigma_d = -\frac{2}{3}$. В общем виде σ -числа всех кварков (и антикварков) определяются единой формулой

$$\sigma = q - \frac{1}{3}, \tilde{\sigma} = \tilde{q} + \frac{1}{3}, \quad (1)$$

где знак \sim символ античастицы. Теперь кварки (и лептоны) размещаются на плоскости (q, σ) симметричным образом по обеим сторонам прямой $\sigma = -q$. Это обстоятельство наводит на мысль о том, что наряду с законом сохранения электрического заряда имеет место также второй точный закон сохранения – закон сохранения σ -числа. Легко убедиться, что мы вправе положить это утверждение в основу дальнейших размышлений. Для этого сначала покажем, что σ -числа барионов, мезонов, лептонов и γ -квантов определяются по формулам

$$\sigma_B = Q_B - 1, \sigma_M = Q_M, \sigma_L = Q_L + 1, \sigma_\gamma = 0, \tilde{\sigma} = -\sigma, \quad (2)$$

где Q – заряд частицы. В самом деле, для барионов и мезонов приведенные формулы очевидны в силу их кваркового состава: (qqq) и $(q\tilde{q})$. Эти формулы применимы также для экзотических барионов и мезонов ^(1,2) типа $(qqqq\tilde{q})$ и $(qq\tilde{q}\tilde{q})$. Дибарион $(qqqqqq)$ надо рассматривать как два бариона. Из (2), в частности, следует, что $\sigma(p) = 0, \sigma(n^0) = -1, \sigma(\pi^0) = 0, \sigma(\tilde{\Lambda}^0) = 1, \sigma(\Sigma^-) = -2$ и т.д. Согласно реакции $e^- + e^+ \Rightarrow 2\gamma$ для фотона получим $\sigma_\gamma = 0$. Остается определить σ -число лептонов. При этом будем приписывать одно и то же квантовое число (как и заряд) всем заряженным лептонам ($\sigma_e = \sigma_\mu = \sigma_\tau$) и другое число всем незаряженным лептонам

$(\sigma_{\nu_e} = \sigma_{\nu_\mu} = \sigma_{\nu_\tau})$. Эти числа, однако, связаны формулой $\sigma_{\nu_e} = 1 + \sigma_{e^-}$, что следует, например из распада $n^0 \Rightarrow p + e^- + \tilde{\nu}_e$. Для определения σ_{e^-} приведем цитату из монографии (3). "Таким образом, один и тот же бозон может переходить как в пару антилептон + антикварк, так и в пару кварков ии $\Leftarrow x \Rightarrow e^+ \tilde{d}$ ". Из этой схемы следует, что σ -число для позитрона (и для электрона) равно нулю: $\sigma_{e^+} = -\sigma_{e^-} = 0$, а для нейтрино $\sigma_{\nu_e} = 1$, что согласуется с (2). После этого уже непосредственной проверкой можно убедиться в том, что предлагаемый закон сохранения σ -числа на самом деле имеет место во всех наблюдавшихся по сей день реакциях (см. например (4)). Это число сохраняется также для возможного распада протона по каналам $p \Rightarrow e^+ \pi^0; e^+ \pi^+ \pi^-$ и др., где нарушено сохранение барионного и лептонного чисел (3). Оказывается, сохранение σ -числа имеет вполне закономерный характер, так как из него непосредственно следует закон сохранения разности барионного и лептонного чисел Джорджи и Глэшоу, полученный ими как следствие SU(5) симметрии (5).

На самом деле, если в реакциях участвуют барионы, мезоны, лептоны и γ -кванты, то закон сохранения σ -числа, согласно (2), можно написать в виде

$$\begin{aligned} \sum Q_B - N_B + \sum \tilde{Q}_B + \tilde{N}_B + \sum Q_M + \sum \tilde{Q}_M + \sum Q_L + \\ + N_L + \sum \tilde{Q}_L - \tilde{N}_L = \text{const}, \end{aligned} \quad (3)$$

где N — число частиц. Учитывая закон сохранения электрического заряда, вместо (3) получим

$$(N_B - \tilde{N}_B) - (N_L - \tilde{N}_L) = \text{const}, \quad (4)$$

т.е. закон сохранения разности барионного и лептонного чисел. Заметим, что в формуле (4) число барионов может быть заменено на полное число всех кварков N_k , входящих в барионы и мезоны. В самом деле, так как для барионов $(N_k - \tilde{N}_k) = 3(N_B - \tilde{N}_B)$, а для мезонов $(N_k - \tilde{N}_k) = 0$, то из (4) получим связь между числами кварков и лептонов:

$$(N_k - \tilde{N}_k) - 3(N_L - \tilde{N}_L) = \text{const} \quad (5)$$

Как мы убедимся чуть позже, из закона сохранения σ -числа следует, что масса электронного нейтрино равна нулю. В связи с этим следует напомнить, что по вопросу о массе нейтрино имеются две противоречащие друг другу теории. Согласно теории Дирака - Вейля (1929) масса нейтрино в точности равна нулю, и лептонное число сохраняется (6). В противоположность этому, в теории Майорана (1936) масса нейтрино не должна в точности равняться нулю, и поэтому лептонное число не сохраняется (7,8). Теория Майорана делает возможным явление безнейтринного двойного β -распада (202β), когда

два d -кварка (в ядре) одновременно переходят в два u -кварка по схеме $d \Rightarrow u + e^-$, с нарушением лептонного числа.

К тем же противоречивым результатам приводят также и две более современные теории, базирующиеся на теории групп: SU(5) и SO(10) симметрии. По этому вопросу в (3) читаем: "Группа SO(10) допускает существование некоторых явлений, которые запрещены в группе SU(5). В частности, в рамках SU(5) несохранение барионного квантового числа B жестко связано с несохранением лептонного квантового числа L , так что $B-L$ сохраняется. В группе SO(10) закон сохранения $B-L$ может нарушаться при достаточно богатом наборе хиггсовых полей". Примерно то же самое сказано в докладе Гелл-Манна (9).

Таким образом, главные вопросы, связанные с проблемой нейтрино, и в частности вопрос о его массе, остаются открытыми. На протяжении вот уже шестидесяти лет ни экспериментально, ни теоретически не удалось разрешить эту важнейшую дилемму (10-12).

В последние годы во многих лабораториях мира делаются настойчивые попытки обнаружить безнейтринный двойной β -распад и нейтринные осцилляции, которые дадут ответ на обсуждаемый вопрос. Для этих целей в настоящее время осуществляются поистине грандиозные проекты, рассчитанные на ближайшие годы.

В проекте MINOS (США) участвуют 23 научных центра разных стран, в том числе Китая, Великобритании и России (13). Планируется провести подземный эксперимент для детектирования нейтринных пучков на расстоянии 730 км от Ферми-лаборатории (шт. Висконсин) до Соудан (шт. Миннесота). Ожидается, что часть генерируемых в Ферми-лаборатории мюонных нейтрино вследствие осцилляции в конце пути будет иметь другой аромат.

В Японском проекте KEK нейтринный пучок может осциллировать на длине пробега в 230 км, от ускорителя до детектора Супер-Камиоканде (13). В Германском проекте GENIUS рассчитывают улучшить точность измерения массы нейтрино от 0,1 до 0,01 и даже до 0,001 eV и др. (10).

Возвращаясь к закону сохранения σ -числа, отметим, что он, как и теории Дирака-Вейла и SU(5)-симметрии, запрещает 202β распад, который в эксперименте не наблюдался.

Таким образом, резюмируя полученные в настоящей работе результаты, можно сказать, что вводится новое сохраняющееся квантовое число σ , из сохранения которого получается закон сохранения разности барионного и лептонного чисел. Запрещая 202β распад, закон сохранения σ -числа утверждает, что по крайней мере масса электронного нейтрино в точности равна нулю.

Армянский государственный педагогический институт им. Х. Абовяна.

Ն. Ա. ՆՈՐԻՍԱԶՅԱՆ

Նեյտրինոյի զանգվածի մասին

Քվարկներին վերագրված է մի նոր σ -լիցք: Դրա հիման վրա ստացված են ադրոնների, լեպտոնների և γ -ֆոտոնի σ -լիցքը: Ցույց է տրված, որ գոյություն ունի σ -լիցքի պահպանության օրենք:

Այդ օրենքից ստացված է Ջորջիի և Գլեշոույի բարիոնային և լեպտոնային լիցքերի տարբերության պահպանության օրենքը (1974): Դրանով իսկ բերված է լրացուցիչ փաստարկ այն բանի օգտին, որ արգելված է առանց նեյտրինոյի կրկնակի β -տրոհումը, և այդ պատճառով, առնվազն էլեկտրոնային նեյտրինոյի զանգվածը ճշգրիտ զրո է:

ЛИТЕРАТУРА – ՓՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ Л.Г.Ландсберг, УФН, т.164, №11, с.1129 (1994).
- ² В.В.Акисович, УФН, т.165, №11, с.1225, (1995).
- ³ Л.Б.Окунь, Физика элементарных частиц, М., Наука, 1987.
- ⁴ European Physical journal. C. Review of particle Physics, v.3, №1-4, p.1-794 (1998).
- ⁵ H.Georgi, Sh.Glashow. Phys.Rev.Lett., v.32, №8, p.438 (1974).
- ⁶ Ф.Холзбен, А.Мартин. Кварки и лептоны, М., Мир, 1987.
- ⁷ Х.Умедзава. Квантовая теория поля, М., ИЛ., 1958.
- ⁸ Cem Courier, Inter. jour. of high energy physics, v.38, №6 (1998).
- ⁹ М.Гел-Манн. УФН, т.151, №4, с.683 (1987).
- ¹⁰ Н.В.Клардор-Клейнгроуhaus, ЯФ-61, №6, p.967 (1998).
- ¹¹ С.С.Герштейн, Е.П.Мартемьянов, К.Н.Мухин, УФН, т.167, №8, с.811 (1997).
- ¹² Л.Б.Окунь, УФН, т.168, №6, с:625 (1998).
- ¹³ Fermi News. Fermi National Accelerator Laboratory, v.21, №15 (1997).