

К ВОПРОСУ О РАЗЛИЧИИ ν_μ И ν_e

В.В.Ушаков

Известно [1], что основной экспериментальной предпосылкой гипотезы о различии мюонного и электронного нейтрино являлось отсутствие распада $\mu \rightarrow e + \gamma$, который должен был обязательно происходить за счет взаимодействия $\mu \rightarrow e + \bar{\nu} + \nu$. Ниже рассматриваются два вопроса: 1) доказано ли, что в распаде мезона излучается пара нейтрино-антинейтрино и, следовательно, равенство лептонных зарядов μ^- - мезона и электрона, 2) требует ли результаты эксперимента, выполненного в ЦЕРНе [2], и отсутствие распада $\mu \rightarrow e + \gamma$ двух типов нейтрино

1. На рис. 1 приведен спектр μ -e - перехода по данным Розенсона [3], а на рис. 2 указаны все допустимые распады. Для первой и второй схемы рис. 2 теория [4] дает форму спектра

$$W(x) \sim \left[(1-x) - \frac{2}{9} \rho (1-3x) \right] x^2, \quad (I)$$

которая для $\rho = 3/4$ согласуется с экспериментальной. При излучении одинаковых нейтрино (третья схема) необходимо, чтобы $\rho = 0$. К этому же варианту относится и четвертый случай, где гипотетической частице $\bar{\nu}_\nu$ во втором канале следует отнести лептонный заряд - 2, спин 1 и правую поляризацию (левую для $\mu^+ - e^+ -$ пере-

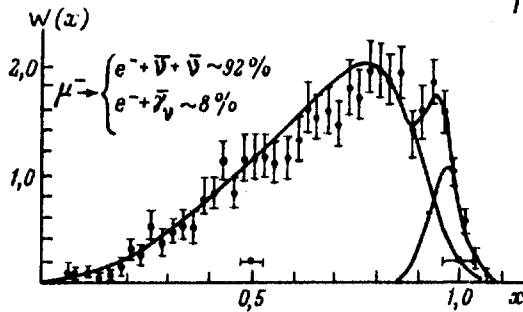


Рис. I

	Переход	$\mu^- \rightarrow e^- + \gamma$	W
1	$\mu^- \rightarrow e^- + \nu + \bar{\nu}$	Да	$\rho = 3/4$ 1, 2
2	$\mu^- \rightarrow e^- + \nu_\mu + \bar{\nu}_e$	Нет	$\rho = 0$ 3
3	$\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu} + \bar{\nu}$	Нет	$\rho = 0$ 4
4	$\mu^- \rightarrow \begin{cases} e^- + \bar{\nu} + \bar{\nu} \\ e^- + \bar{\nu}_\nu \end{cases}$	Нет	

Рис. 2

хода). Ее масса покоя определена следующим способом. Спектр электронов в первом канале должен подчиняться формуле (I) для $\rho = 0$. По экспериментальным точкам ($x \leq 0,7$) такая кривая была проведена и затем вычтена из экспериментальной. Остаток должен дать моноэнергетическую линию. Из рис. I следует, что $m_{\bar{\nu}_\nu} \approx 0$. Обработка данных других работ [5, 6] для вероятности распада $\mu \rightarrow e + \gamma_\nu$ дает $\sim 7\%$.

Введение кванта γ_ν поляризованного "нейтринного света" позволяет объяснить, почему постоянная взаимодействия в β -распаде G_e меньше G_μ - постоянной, вычисленной из первой

схемы распада мезона (подробнее см. [7]). Действительно, если верна одновременно гипотеза универсального слабого взаимодействия четырех фермионов и четвертая схема распада, то $g_e = g_\mu$, где g_μ — постоянная взаимодействия в первом канале четвертой схемы. Но, очевидно, $g_\mu < G_\mu$, так как обе пропорциональны вероятностям соответствующих распадов. Возможно, что дальнейшее уточнение поправок, встречающихся при вычислении g_e и g_μ (например, форма спектра μ - e -распада), приведет к более точному равенству между ними.

Хотя существование частиц с лептонным зарядом ± 2 выглядит не очень естественно, оно не противоречит другим опытным данным. Поэтому заключение о том, что в распаде мезона не может излучаться двух одинаковых нейтрино, по-видимому, еще не следует считать полностью доказанным.

2. В отношении нейтринного эксперимента, выполненного в ЦЕРНе, необходимо заметить следующее.

а) Введение ν требует, чтобы μ^+ , e^- считались лептонами, μ^- , e^+ — антилептонами. Следовательно, левовинтовое нейтрино может при взаимодействии с нуклонами рожать только μ^+ -мезоны или электроны, правовинтовое (антинейтрино) — μ^- -мезоны или позитроны.

б) На выходе ускорителя стояло отклоняющее устройство (магнитный рог), которое фокусировало на искровую камеру положительно заряженные частицы. Нейтринный пучок имел следующий состав [2]

$$\begin{aligned}
 90\% \bar{\nu} & \text{ от распада } \pi^+ \rightarrow \mu^+ + \bar{\nu}, \\
 9\% \bar{\nu} & \text{ от распада } K^+ \rightarrow \mu^+ + \bar{\nu}, \\
 1\% \nu & \text{ от распада } K^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \nu.
 \end{aligned} \tag{2}$$

в) Поскольку энергия нейтрино значительно превышала энергию связи нуклонов в ядре, можно считать, что реакции протекали на свободных нуклонах:

$$\bar{\nu} + n \rightarrow p + \mu^-, \tag{3}$$

$$\nu + n \rightarrow p + e^-,$$

$$\nu + p \rightarrow n + \mu^+, \tag{4}$$

$$\bar{\nu} + p \rightarrow n + e^+.$$

В эксперименте измерялись выходы μ^- - мезонов и электронов. Из сравнения выражений (2)-(4) следует, что $\sim 100\%$ состава нейтринного пучка вносилось в выход мезонов и только 1% - в выход электронов. Характерно, что это отношение близко к полученному в эксперименте $N_{\mu^-}/N_{e^-} = 1150/13 \pm 5$. Отсюда следует, что если бы магнитный рог фокусировал отрицательно заряженные частицы, последнее отношение должно было быть обратным. Однако такой опыт не был проведен.

Для проверки гипотезы $\nu_{\mu} \neq \nu_e$ желательно провести эксперимент на протонной мишени (водородная пузырьковая камера) в антинейтринном пучке. Согласно (2) - (4), выход мезонов не должен иметь место.

Харьковский Государственный
университет
им. А.М.Горького

Поступило в редакцию
21 июня 1965 г.

Литература

- [1] М.А.Марков. Нейтрино. Изд-во "Наука", 1964.
- [2] А.И.Мухин. Эксперименты с нейтрино высоких энергий, Вопросы физики элементарных частиц, Изд-во АН АрмССР, Нор-Амберд, 1964.
- [3] L. Rozenon. Phys. Rev., 109, 958, 1958.
- [4] Л.Б.Окунь. Слабое взаимодействие элементарных частиц. Физматгиз, 1963, стр. 72.
- [5] R. Plano. Phys. Rev., 119, 1400, 1960.
- [6] M.M. Block et. al., Nuovo Cim., 23, 1114, 1962.
- [7] Л.Б.Окунь. Сохраняющийся векторный ток, Вопросы физики элементарных частиц. Изд-во АН АрмССР, Нор-Амберд, 1964.