

К ПОИСКАМ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ μ - МЕЗОНОВ

И ν_{μ} - НЕЙТРИНО ПРИ СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ

М.Марков

При анализе экспериментальных данных космических лучей, и, в частности, данных подземных нейтринных экспериментов существенно предположение, что μ - мезоны обладают лишь электромагнитными и

слабыми взаимодействиями, а ν_μ - мезонное нейтрино всегда взаимодействует лишь слабым образом. Постепенно при исследованиях в космических лучах накапливается информация, которая, возможно, свидетельствует о наличии специфических взаимодействий μ - мезонов, а может быть и ν_μ - нейтрино, которые проявляются существенным образом лишь при энергиях $E \geq 10^{12}$ эв [1-3].

В качестве модели подобных взаимодействий, растущих с энергией, рассмотрим псевдовекторное (псевдомаксвелловское) поле с взаимодействием типа¹⁾

$$g(\hbar/mc) \gamma_5 \gamma_\mu \gamma_\nu (\partial P_\mu / \partial x_\nu).$$

Пусть зарядом g обладают μ - мезоны и нуклоны, ν_μ - нейтрино и электроны не несут g - заряда или в последних случаях заряд значительно меньше.

Анализ данных нейтринных экспериментов в ЦЕРНе (отсутствие "нейтральных токов", т.е. "комpton"-протонов, отсутствие μ - мезонных пар от нейтрино, т.е. $\sigma_{\nu\mu} \leq 10^{-40} - 10^{-41}$ см²) показывает, что если псевдофотоны и присутствуют в нейтринном пучке, то соответствующая константа "тонкой структуры" $g^2 < 10^{-6} - 10^{-7}$.

Сечение образования первичными протонами (E_0) псевдофотонов с энергиями $E_\varphi \sim \frac{1}{2} E_0$ могло бы иметь структуру (до энергии протонов $\sim 10^{15}$ эв) $\sigma_\varphi \sim \sigma_n g^2 (E_0/m_n c^2)^2$, где σ_n - полное нуклон-нуклонное сечение сильных взаимодействий. То есть при этом предположении для протонов с энергией $E_0 \sim 10^{15}$ эв, $g^2 \sim 10^{-7} - 10^{-6}$; $\sigma_\varphi \approx \sigma_n$.

Сечение для рождения μ - пар псевдофотонами в кулоновом поле протяженного ядра заряда Z можно ожидать в виде:

$$\sigma_{2\mu} \sim (e^2/m_\mu c^2)^2 \alpha Z^2 g^2 (E_\varphi/m_\mu c^2) \sim 10^{-27} - 10^{-28} \text{ см}^2,$$

$$\text{для } Z \sim 10, g^2 \sim 10^{-6} - 10^{-7}, E_\varphi \sim 10^{14} \text{ эв}; \alpha = e^2/\hbar c.$$

Но уже для псевдофотонов с энергией $< 10^{12}$ эв сечение рождения μ - пар $\leq 10^{-29} - 10^{-30}$ см², т.е. соответствующая пара μ - мезонов может возникнуть лишь глубоко под землей, имитируя, в частности, эффект промежуточного мезона, рожденного нейтрино [3,4].

В кулоновом поле ядра μ - мезон может непосредственно образовать пару μ - мезонов. Пары μ - мезонов могут рождаться при столкновениях первичных протонов [1,2].

Таким образом от первичных протонов с энергией $\sim 10^{14} - 10^{15}$ эв могут каскадным образом возникать в атмосфере в очень узком конусе группы μ - мезонов с $E_{\mu} \sim 10^{13} - 10^{14}$ эв. Несколько иная ситуация создается, если ν_{μ} - нейтрино, как и μ - мезон, несет g -заряд. Тогда, видимо, ν_{μ} - нейтрино должно иметь массу покоя, отличную от нуля, и нести добавочные энергетические потери на образование, например, пар μ - мезонов.

Возможность существования относительно проникающей компоненты в космических лучах делает неоднозначным истолкование результатов подземных нейтринных экспериментов. Эту неоднозначность желательно исключить.

Известные эксперименты в Южной Африке и Индии [4] ведутся на несколько различных глубинах (8800 и 7500 м в.э.), так что может быть несколько различным и счет событий вследствие некоторого поглощения возможной добавочной нейтральной компоненты. Существенно отличные результаты могли бы быть получены при использовании в качестве "защиты" всей планеты [5]. Но для конкретных цифровых суждений требуются дальнейшие более детальные оценки.

Физический институт

им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
6 декабря 1965 г.

Литература

- [1] И.Л.Розенталь. ЖЭТФ, 36, 943, 1959.
- [2] С.Н.Вернов, Г.Б.Христиансен, Ю.А.Нечин, О.В.Веденеев, Б.А.Хренов. Международная конференция по космическим лучам, Лондон, сентябрь 1965 г.
- [3] T. Matano и др. Phys. Rev. Lett., 15, 594, 1965.

[4] С.В.Ачар и др. Phys.Lett., 18, 196, 1965 ; F.Reines и др. Phys. Rev.Lett., 15, 429, 1965.

[5] М.А.Марков. Нейтрино, стр. 79-87. Изд-во "Наука", М., 1964.

-
- 1) Рассматривая ситуацию в рамках экспериментальных возможностей обнаружения подобных взаимодействий, мы имеем некоторое право на первых порах не касаться неясных в неперенормируемых теорией проблем расходимостей.
- 2) Совсем другая ситуация возникнет, если дальнейшие уточнения нейтринных экспериментов на ускорителях снизят верхнюю границу для g^2 на порядок или два. В этом случае φ - поле будет иметь лишь теоретический интерес (для $E_{\mu} \sim 10^{14}$ эв) в аспекте различия масс - электрона и μ - мезона.