

ВЫХОД ЛЕПТОННЫХ $\mu^- e^+$ -ПАР В $\nu_\mu N$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ НА КАМЕРЕ СКАТ

В. А. Коротков, Е. П. Кузнецов, В. В. Махеев,
А. Г. Мяков, Ю. П. Никитин¹⁾, А. Ю. Поляруш,
А. А. Соколов, Д. С. Баранов, А. А. Иванчиков,
В. И. Конюшко, В. М. Кораблев

В работе представлены результаты анализа $\mu^- e^+$ -пар в $\nu_\mu N$ -взаимодействиях при энергиях 4 — 30 ГэВ, зарегистрированных в камере СКАТ. Описана процедура нахождения фона к $\mu^- e^+$ -событиям. Получено значение выхода $\mu^- e^+$ -пар при $E_{e^+} > 1400$ МэВ: $N(\nu_\mu + N \rightarrow \mu^- + e^+ + \dots) / N(\nu_\mu + N \rightarrow \mu^- + \dots) = 0,35 \pm 0,14\%$.

В настоящем эксперименте проводимом на камере СКАТ, в эффективном объеме ($V_{\text{эфф}} = 1,73 \text{ м}^3$, заполнение CF_3Br) после двукратного просмотра и физической сверки статистического материала было зарегистрировано ~ 2000 взаимодействий нейтрино при энергии $E_\nu \gtrsim 2$ ГэВ, идущих через слабый заряженный ток (СС-события).

На этой статистике было обнаружено 13 $\mu^- e^+$ -событий с энергией позитронов $E_{e^+} \gtrsim 5$ МэВ. Критерии отбора СС-взаимодействий, методы восстановления энергии событий и предварительные данные по поиску $\mu^- e^+$ -событий опубликованы в работах [1 — 3]. При поиске и изучении образования $\mu^- e^+$ -событий в эксперименте особое внимание было уделено вопросу идентификации позитронов и определению величины фона от возможных процессов, имитирующих такие события.

Эффективность идентификации e^+ -треков была определена экспериментально на основе анализа $e^+ e^-$ -пар, возникающих в результате конверсии γ -квантов. Она оказалась практически не зависящей от энергии позитрона и составила величину $\epsilon_{e^+} = 98,8 \pm 0,9\%$. Для того, чтобы избежать перепутывания позитрона с γ -квантом требовалось, чтобы позитрон не имел δ -электронов на длине 2 см от первичной вершины.

Основными фоновыми процессами при поиске $\mu^- e^+$ -пар являются СС-события, содержащие несимметричную пару $e^+ e^-$ от конверсии γ -кванта вблизи первичной вершины или несимметричную Далиц-пару с энергией электрона $E_{e^-} \leq 5$ МэВ. (Минимальное расстояние, на котором пара треков $e^+ e^-$ или комптон-электрон однозначно классифицировались как γ -кванты составляет величину 1 см.

Величина фона от этих процессов определялась из анализа экспериментально наблюдаемого в эффективном объеме камеры спектра γ -квантов, в котором были учтены следующие поправки.

а) Тормозные γ -кванты. Для идентификации и исключения из спектра таких γ -квантов был применен метод, использованный в работе [4]. Из каждой пары γ -квантов, зарегистрированных в данном событии, отбрасывался γ -квант, имеющий меньшую энергию и конвертировавшийся на более далеком расстоянии от первичной вершины, чем пре-

¹⁾ Московский инженерно-физический институт.

дыдущий, если угол $\theta_{\gamma\gamma}$ между направлениями вылета γ -квантов составлял такую величину, что $\cos \theta_{\gamma\gamma} > 0,994$. Число удаленных в данном эксперименте γ -квантов составило величину 9,3%. При этом из спектра исключаются 2,6% γ -квантов от распадов π^0 -мезонов и остается смесь в 0,5% тормозных γ -квантов.

б) Учет незарегистрированных γ -квантов с энергией $E_\gamma > 40$ МэВ. Каждому γ -кванту приписывался вес, обратно пропорциональный вероятности его регистрации.

в) Просмотровая эффективность регистрации γ -квантов определялась на основе двойного просмотра большей части статистического материала и составила величину $\epsilon_\gamma = 98 \pm 2\%$ для γ -квантов с энергией $E_\gamma > 40$ МэВ. Для γ -квантов с $E_\gamma \leq 40$ МэВ эффективность регистрации и идентификации значительно ниже, поэтому для учета потерь в этой области энергии использовалась логарифмическая симметрия энергетического спектра γ -квантов, образующихся при распаде π^0 -мезонов [5]. Величина этой поправки составила значение $2,8 \pm 0,1\%$ от полного числа γ -квантов.

г) Вклад Далиц-пар от распада $\pi^0 \rightarrow e^+e^- \gamma$ был определен, исходя из того факта, что энергетический спектр Далиц-пар пропорционален спектру γ -квантов с коэффициентом $B/2 / (1 - B/2)$ (B — относительная ширина канала распада $\pi^0 \rightarrow e^+e^- \gamma$).

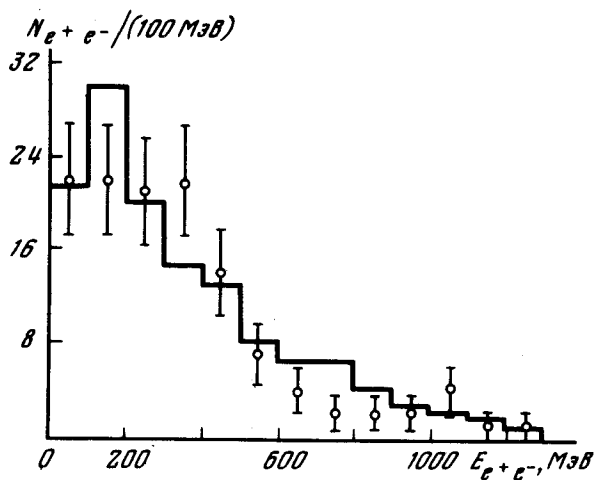


Рис. 1. Энергетическое распределение e^+e^- -пар в $\mu^-e^+e^-$ -событиях. Гистограмма — расчетное распределение

Проверка корректности введения перечисленных поправок была проведена на основе сравнения расчетного и зарегистрированного числа $\mu^-e^+e^-$ -событий. Зарегистрированное число таких событий составило величину $N_{\mu ee}^{\text{экс}} = 139$. Рассчитанное на основе исправленного спектра γ -квантов: $N_{\mu ee}^{(p)} = 141 \pm 4$ события. Энергетический спектр e^+e^- -пар в $\mu^-e^+e^-$ -событиях (рис. 1) достаточно хорошо описывается расчетным спектром. Это обстоятельство позволяет сделать вывод, что после введения поправок полученный энергетический спектр γ -квантов близок к истинному. Используя этот спектр можно рассчитать как число, так и энергетический спектр позитронов в фоновых μ^-e^+ -событиях. Этот спектр представлен на рис. 2. Для сравнения здесь же приведены ожидаемые распределения позитронов в процессах образования и рас-

пада очарованных D -мезонов или тяжелых M^0 -лептонов с массой $m(D, M^0) = \approx 2$ ГэВ, рассчитанные в рамках кварк-партонной модели (распределения приведены с произвольной нормировкой).

Из рис. 2 видно, что если рассматривать $\mu^- e^+$ -события с энергиями позитрона $E_{e^+} > 400$ МэВ, то значительная часть фона удаляется. В данном эксперименте зарегистрировано 7 $\mu^- e^+$ -событий с $E_{e^+} < 400$ МэВ и 6 событий¹⁾ с $E_{e^+} > 400$ МэВ. Ожидаемый фон от выше рассмотренных процессов составляет $5,1 \pm 0,2$ и $0,45 \pm 0,02$ событий соответственно. Потери $\mu^- e^+$ -событий ($E_{e^+} > 400$ МэВ), связанные с критериями отбора и идентификации позитронных треков составляют $0,49 \pm 0,06$ события.

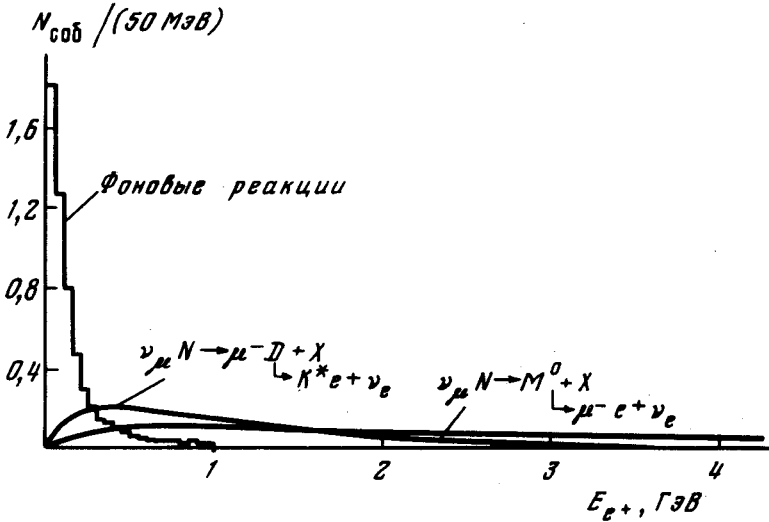


Рис. 2. Расчетное энергетическое распределение позитронов в фоновых $\mu^- e^+$ -событиях и в возможных реакциях образования новых частиц на камере СКАТ.

Оценка фона к $\mu^- e^+$ -событиям от процесса $\tilde{\nu}_e N$ -взаимодействия дает значение $N_{\tilde{\nu}_e} \approx 0,04$ события.

Относительный выход лептонных $\mu^- e^+$ -пар (с учетом поправок на фон и потерю $\mu^- e^+$ -событий) в данном эксперименте при энергии нейтрино в диапазоне $E_{\nu} = 4 - 30$ ГэВ и энергии позитрона $E_{e^+} > 400$ МэВ составляет величину:

$$R = \frac{N(\nu_{\mu} + N \rightarrow \mu^- e^+ + \dots)}{N(\nu_{\mu} + N \rightarrow \mu^- + \dots)} = 0,35 \pm 0,14\%$$

Параметры $\mu^- e^+$ -событий с $E_{e^+} > 400$ МэВ приведены в таблице.

¹⁾ Два события сопровождаются образованием V^0 -частиц.

№№ пп	Процесс	E_{ν}^{vis} (ГэВ)	P_{μ^-} (ГэВ/c)	P_{e^+} (ГэВ/c)	$\frac{P_{\mu^-}}{P_{e^+}}$	$\phi_{\mu^- e^+}$	$M_{\mu^- e^+}$ (ГэВ/c ²)	$M_{e^+ \nu}^{+}$ (ГэВ/c ²)
1	$\nu_{\mu} p \rightarrow \mu^- e^+ 2\pi^0 p$	$7,4 \pm 0,5$	$3,8 \pm 0,2$	$0,75 \pm 0,19$	5,1	20°	0,37	—
2	$\nu_{\mu} N \rightarrow \mu^- e^+ \pi^+ \pi^0 n 3p_s$	$6,6^{+0,5}_{-0,1}$	$4,8 \pm 0,1$	$0,60 \pm 0,06$	8,1	64°	0,27	—
3	$\nu_{\mu} N \rightarrow \mu^- e^+ \pi^- 2\pi^+ 3pn$	$6,6 \pm 0,3$	$4,3 \pm 0,2$	$0,43 \pm 0,12$	10,0	128°	0,42	—
4	$\nu_{\mu} N \rightarrow \mu^- e^+ \Lambda^0 p \pi^-$	$25,4 \pm 1,8$	$15,4 \pm 1,3$	$2,70 \pm 1,02$	5,7	105°	1,75	1,74
5	$\nu_{\mu} p \rightarrow \mu^- e^+ K_s^0 \pi^+ \pi^0 n$	$12,8 \pm 1,4$	$2,3 \pm 0,1$	$3,8 \pm 1,3$	0,6	85°	1,39	0,82
6	$\nu_{\mu} N \rightarrow \mu^- e^+ \pi^- 3\pi^+ 2\pi^0$	$29,9 \pm 1,5$	$18,2 \pm 1,1$	$2,3 \pm 0,7$	7,9	57°	1,02	—

Авторы пользуются случаем выразить признательность Л.Д.Соловьеву, В.А.Ярбе, Н.Е.Тюрину и С.П.Денисову за постоянный интерес и поддержку нейтринных исследований на камере СКАТ. Мы благодарны коллективам ускорителя ИФВЭ, нейтринного канала, камеры СКАТ, фотолаборатории и отдела обработки за помощь в проведении эксперимента.

Институт физики
высоких энергий

Поступила в редакцию
1 апреля 1980 г.

Литература

- [1] D.S.Baranov et al. Phys. Lett., 76B, 336, 1978.
 - [2] D.S.Baranov et al. Phys. Lett., 70B, 269, 1977.
 - [3] D.S.Baranov et al. Phys. Lett., 81B, 261, 1979.
 - [4] V.V.Ammosov et al. Nuovo Cim., 31A, 539, 1979.
 - [5] Г.И.Копылов. Основы кинематики резонансов, М., изд. Наука, 1970. стр. 86.
-