

КВАЗИУПРУГОЕ РОЖДЕНИЕ Λ -ГИПЕРОНА В АНТИНЕЙТРИННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ

*В.В.Аммосов, А.Э.Асратян ¹⁾, В.А.Гапиенко, Г.С.Гапиенко,
П.А.Горичев ¹⁾, А.Г.Денисов, В.Г.Заец, В.И.Клюхин,
В.И.Корешев, С.П.Кручинин ¹⁾, М.А.Кубанцев ¹⁾,
И.В.Махлюева ¹⁾, П.В.Питухин, В.И.Сиротенко, З.У.Усубов,
А.В.Федотов ¹⁾, В.Г.Шевченко ¹⁾, В.И.Шекелян ¹⁾*

Впервые при высоких энергиях экспериментально исследовано квазиупругое рождение Λ -гиперона в антинейтринных взаимодействиях. Сечение процесса определено равным $(3,4_{-0,9}^{+1,1}) \cdot 10^{-40}$ см², что хорошо согласуется с расчетом в схеме Кабиббо для найденной величины аксиальной массы $M_A = 1,0 \pm 0,3$ ГэВ/c².

Изучение квазиупругих антинейтринных взаимодействий дает уникальную возможность прямой проверки схемы Кабиббо ^{1, 2} в области пространственно-подобных переданных импульсов в широком энергетическом интервале. В этой схеме отношение R сечения квазиупругой реакции, идущей через заряженный ток с изменением странности,

$$\bar{\nu}_\mu p \rightarrow \mu^+ \Lambda, \quad (1)$$

к сечению квазиупругой реакции

$$\bar{\nu}_\mu p \rightarrow \mu^+ n \quad (2)$$

предсказывается на уровне $0,026 < R < 0,045$. В экспериментах на пузырьковой камере GGM-PS ^{3, 4} это отношение определено при энергиях антинейтрино $0,5 < E_{\bar{\nu}} < 10$ ГэВ. В настоящей работе выход реакции (1) по отношению к реакции (2), изученной нами ранее ⁵, впервые определен в интервале энергий 5 – 100 ГэВ.

Эксперимент выполнен на 15-футовой пузырьковой камере, заполненной тяжелой неон-водородной смесью и экспонированной в широком пучке $\bar{\nu}_\mu$ на ускорителе Фермилаб. Выделение антинейтринных взаимодействий заряженного тока производилось с помощью внешнего мюонного идентификатора. Детали эксперимента описаны в ⁶. События, отвечающие реакциям (1) и (2), были зарегистрированы в специальном просмотре $71 \cdot 10^3$ фотоснимков. Для учета перерасеяния странных частиц на нуклонах ядер неона в образец были включены также события, не имеющие отрицательно-заряженных адронов, найденные в обычном просмотре (детали см. в ⁵). Все V^0 -частицы были обработаны по программе кинематического анализа ⁷. Эффективность регистрации событий с V^0 -частицами, распадающимися по заряженным модам, составила 0,89. Всего было наблюденно 14Λ , $1\Sigma^0$, $7\Lambda X^0$, $4\Lambda K_S^0 X^0$, $10K_S^0$, $18K_S^0 X^0$, $1K_S^0 K_S^0$ и $1K_S^0 K_S^0 X^0$ событий заряженного тока, где X^0 обозначает дополнительные γ -кванты.

Для целей настоящей работы были отобраны события с Λ -гиперонами и K_S^0 -мезонами с длиной пролета, большей 0,5 см и меньшей 5 распадных длин ⁷. Потери событий, обусловленные данным обрезанием, неэффективностью просмотра и процедуры обработки, невидимыми модами распада (включая K_L^0), а также невозможностью наблюдать треки заряженных частиц с пробегом меньше 0,5 см, учитывались введением соответствующих весов ⁷.

Основной фоновый вклад в события одиночного рождения Λ -гиперона в данном эксперименте дают процессы совместного образования Λ - и π^0 -мезонов и процесс квазиупругого рождения Σ^0 -гиперона. Для 14 наблюдаемых событий одиночного рождения Λ при эффективности регистрации γ -квантов, равной $0,52 \pm 0,06$ ⁵, вклад фона от процессов образования Λ - и π^0 -мезонов был оценен равным $1,8 \pm 0,6$ событиям; вклад фона от квазиупругого рождения Σ^0 составил $0,7^+_{-0,4}{}^{1,0}$ события. Поскольку в данном эксперименте не было зарегистрировано ни одного случая ассоциированного рождения нейтральных странных частиц в реакции $\bar{\nu}_\mu p \rightarrow \mu^+ \Lambda K^0$ (верхний предел на сечение $\sigma(\bar{\nu}_\mu p \rightarrow \mu^+ \Lambda K^0) < 2,3 \cdot 10^{-40}$ см² на 90%-ном уровне достоверности), фон от ассоциированного рождения Λ и K^0 не учитывался. Поправленное число событий реакции (1) равно $26,9^+_{-6,5}{}^{8,6}$. Используя найденные в работе ⁵ число событий и сечение реакции (2), получаем отношение $R = 0,038^+_{-0,009}{}^{0,12}$ и сечение $\sigma(\bar{\nu}_\mu p \rightarrow \mu^+ \Lambda) = (3,4^+_{-0,9}{}^{1,1}) \cdot 10^{-40}$ см². Аналогичным образом сечение квазиупругой реакции $\bar{\nu}_\mu p \rightarrow \mu^+ \Sigma^0$ определено равным $(0,6^+_{-0,4}{}^{0,9}) \cdot 10^{-40}$ см².

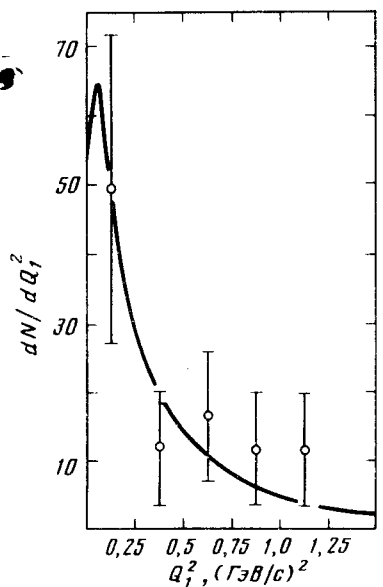


Рис. 1

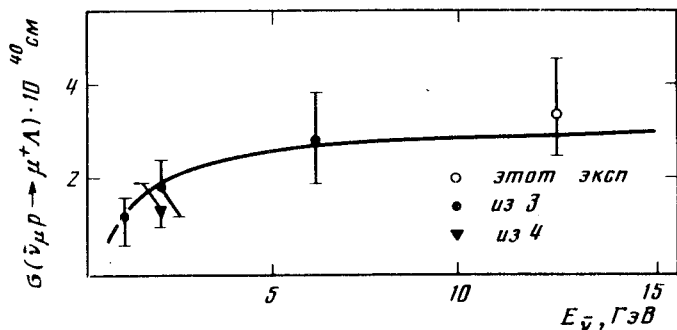


Рис. 2

Рис. 1. Взвешенное Q^2 - распределение событий квазиупругого рождения Λ -гиперона. Кривая рассчитана в схеме Кабиббо с $M_A = 1,0 \pm 0,3$ ГэВ/с² и поправлена с учетом экспериментальных условий

Рис. 2. Сечение квазиупругого рождения Λ -гиперона в зависимости от энергии антинейтрино. Кривая - расчет в схеме Кабиббо с $M_A = 1,0 \pm 0,3$ ГэВ/с²

В схеме Кабиббо сечение реакции (1) определяется интегрированием по переданному 4-импульсу (Q^2) выражения вида ⁸:

$$\frac{d\sigma}{dQ^2} = \frac{3G_F^2 \sin^2 \theta_C}{4\pi} \left(F_V^2 + F_A^2 + \frac{Q^2}{(m_p + m_\Lambda)^2} F_M^2 \right) \quad (3)$$

справедливого в пределе $E_\nu \gg m_p$. Здесь G_F - фермиевская константа, θ_C - угол Кабиббо, m_p и m_Λ - массы протона и Λ , соответственно, а формфакторы F_V , F_M и F_A описываются в дипольной форме:

$$F_V = \frac{1}{(1 + Q^2/M_V^2)^2}, \quad F_M = F_M(0)F_V, \quad F_A = \frac{F_M(0)}{(1 + Q^2/M_A^2)^2},$$

где $M_V = 0,84$ ГэВ/с², $F_M(0) = 1,79$, $F_A(0) = 0,70$.

Для определения неизвестной аксиальной массы M_A была использована форма Q^2 -распределения событий квазиупругого рождения Λ . Для 14 наблюдаемых событий одиночного рождения Λ из известного направления полета антинейтрино и в предположении квазиупругого взаимодействия на покоящемся протоне-мишени переданный 4-импульс определялся двумя способами: Q_1^2 — из измеренного импульса мюона; Q_2^2 — из измеренного импульса Λ . Сравнение этих двух величин для каждого события показало, что все события одиночного рождения Λ лежат в области $|Q_1^2 - Q_2^2| < 0,5$ (ГэВ/с)².

Взвешенное Q_1^2 -распределение этих 14 событий, поправленное с учетом фонов, представлено на рис. 1. Данное распределение, на форму которого не оказывает влияния рассеяние Λ на нуклонах ядер неона, было использовано для подгонки выражения (3) с помощью метода максимума правдоподобия, что дало значение аксиальной массы $M_A = 1,0 \pm 0,3$ ГэВ/с². Кривая на рис. 1, представляющая результат подгонки, поправлена с учетом ожидаемых потерь Λ , продукты распада которых имеют пробег меньше 0,5 см.

Полученное значение M_A согласуется с величиной $M_A = 0,92 \pm 0,21$ ГэВ/с², найденной в ³. В результате интегрирования выражения (3) по Q^2 получаем сечение $\sigma(\bar{\nu}_\mu p \rightarrow \mu^+ \Lambda) = (3,1_{-0,6}^{+0,8}) \cdot 10^{-40}$ см², что согласуется с величиной, найденной из отношения R . На рис. 2 значение сечения реакции (1), полученное из отношения R , представлено вместе с данными экспериментов ^{3, 4}. Зависимость сечения реакции (1) от энергии антинейтрино, рассчитанная в схеме Кабиббо с $M_A = 1,0$ ГэВ/с² (кривая на рис. 2), хорошо согласуется с экспериментальными данными.

В заключение отметим, что исследование процесса квазиупругого рождения Λ -гиперона в антинейтринных взаимодействиях впервые произведено при высоких энергиях 5 – 100 ГэВ. Полученная величина отношения сечений реакций (1) и (2), $R = 0,038_{-0,009}^{+0,012}$, хорошо согласуется с предсказаниями схемы Кабиббо, дающей для найденного значения аксиальной массы $M_A = 1,0 \pm 0,3$ ГэВ/с² сечение реакции (1), равное $(3,1_{-0,6}^{+0,8}) \cdot 10^{-40}$ см², что совпадает в пределах ошибок с найденным из отношения R значением $\sigma(\bar{\nu}_\mu p \rightarrow \mu^+ \Lambda) = (3,4_{-0,9}^{+1,1}) \cdot 10^{-40}$ см².

Авторы выражают благодарность А.Б.Кребсу за плодотворные обсуждения полученных результатов.

Литература

1. Cabibbo N. Phys. Rev. Lett., 1963, 10, 531.
2. Cabibbo N., Chilton F. Phys. Rev., 1965, 137, 1628.
3. Erriquez O. et al. Nucl. Phys. B, 1978, 140, 123.
4. Eichten T. et al. Phys. Lett., 1972, 40B, 593.
5. Asratyan A.E. et al. Phys. Lett., 1984, 137B, 122; Асратян А.Э. и др. ЯФ, 1984, 39, 619.
6. Ammosov V.V. et al. Nucl. Phys. B, 1982, 199, 399.
7. Ammosov V.V. et al. Nucl. Phys. B, 1980, 162, 205.
8. Llewellyn-Smith C.H. Phys. Rep. C, 1972, 3, 261.

Поступила в редакцию
29 апреля 1986 г.