

## ИЗМЕРЕНИЕ ПРАВЫХ КОНСТАНТ СВЯЗИ СЛАБОГО АДРОННОГО НЕЙТРАЛЬНОГО ТОКА В АНТИНЕЙТРИННОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ НА 15-ФУТОВОЙ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЕ

В.В.Аммосов<sup>1)</sup>, В.А.Гапиенко<sup>1)</sup>, Г.С.Гапиенко<sup>1)</sup>,  
П.А.Горичев, А.Г.Денисов<sup>1)</sup>, В.И.Ефременко, В.Г.Заец<sup>1)</sup>,  
Г.К.Клигер, В.И.Клюхин<sup>1)</sup>, В.З.Колганов, В.И.Корешев<sup>1)</sup>,  
С.П.Кручинин, М.А.Кубанцев, И.В.Махлюева, П.В.Питухин  
В.И.Сиротенко<sup>1)</sup>, Е.А.Слободюк<sup>1)</sup>, З.У.Усубов<sup>1)</sup>, А.В.Федотов,  
В.Г.Шевченко, В.И.Шекелян.

На основе данных ( $\sim 13000$  событий), полученных при облучении широкополосным пучком антинейтрино 15-футовой пузырьковой камеры ФНАЛ, найдены ограничения на киральные константы связи слабого адронного нейтрального тока. С привлечением левых констант из нейтринных опытов определены значения квадратов правых констант  $u_R^2 = 0,033 \pm 0,017$  и  $d_R^2 = 0,002 \pm 0,017$ .

Слабый адронный нейтральный ток определяется четырьмя киральными (левыми и правыми) константами связи  $u$ - и  $d$ -кварков,  $u_{L,R}$  и  $d_{L,R}$ <sup>1</sup>. Проверка стандартной модели электрослабых взаимодействий<sup>2</sup>, в которой эти константы выражаются через единственный параметр  $\sin^2\theta_W \simeq 0,23$ , требует их безмодельного определения. Ниже представлены результаты измерения правых констант связи  $u_R$  и  $d_R$ , основанные на анализе 155 тыс. фотографий с 15-футовой пузырьковой камеры, заполненной тяжелой неон-водородной смесью (64% атомов Ne) и экспонированной в широкополосном пучке антинейтрино ускорителя ФНАЛ (энергия первичных протонов 400 ГэВ, примесь  $\nu_\mu$  в пучке  $\sim 6\%$ ).

В анализе использовались  $\sim 13000$  событий с видимой энергией больше 4 ГэВ, зарегистрированных в рабочем объеме пузырьковой камеры (17 м<sup>3</sup> или 12,6 т по весу). Выделение взаимодействий, обусловленных нейтральными токами (НТ), производилось следующим образом (детально процедура выделения описана в<sup>3</sup>). Сначала, из полного образца удалялись взаимодействия заряженного тока (ЗТ) ( $\bar{\nu}_\mu$  и  $\bar{\nu}_e$ ), идентифицированные по наличию в них  $\mu^\pm$  (при помощи внешнего мюонного идентификатора и кинематического метода) и  $e^\pm$ . Затем, полученный набор кандидатов в НТ-взаимодействия поправлялся статистически на необнаруженные ЗТ-события, НТ-события ( $\bar{\nu}_e$ ) и фон взаимодействий нейтральных адронов.

При обрезании на суммарную энергию адронов события  $8 < E_{\text{вид}}^H < 30$  ГэВ и на суммарный поперечный к пучку импульс адронов  $P_{\text{вид}}^H > 1$  ГэВ/ $c^2$ ) поправленные образцы НТ- и ЗТ-взаимодействий содержали, соответственно,  $834 \pm 49$  (до введения поправок — 888 кандидатов в НТ) и  $2059 \pm 54$  событий. Используя эти образцы, мы измерили три величины, чувствительные к константам  $u_R$  и  $d_R$ :

а) отношение сечений  $\bar{\nu}_\mu N$ -взаимодействий<sup>3)</sup> с НТ и ЗТ,

$$\bar{R} = \sigma(\bar{\nu}_\mu N \rightarrow \bar{\nu}_\mu X) / \sigma(\bar{\nu}_\mu N \rightarrow \mu^+ X) = 0,406 \pm 0,028, \quad (1)$$

б) отношение сечений  $\bar{\nu}_\mu n$ - и  $\bar{\nu}_\mu p$ - взаимодействий с НТ,

$$\bar{R}^{n/p} = \sigma(\bar{\nu}_\mu n \rightarrow \bar{\nu}_\mu X^0) / \sigma(\bar{\nu}_\mu p \rightarrow \bar{\nu}_\mu X^+) = 0,88 \pm 0,17, \quad (2)$$

<sup>1)</sup> Институт физики высоких энергий.

<sup>2)</sup> Выбранные обрезания обеспечивали максимальную точность конечных результатов.

<sup>3)</sup> Под  $\bar{\nu}_\mu$  подразумевается наш антинейтринный пучок, содержащий 6% примесь нейтрино.

в) отношение выходов положительных и отрицательных мезонов в области фрагментации тока при  $z > 0,2$ ,

$$\bar{R}^{+/-} = \sigma(\bar{\nu}_\mu N \rightarrow \bar{\nu}_\mu h^+ X) / \sigma(\bar{\nu}_\mu N \rightarrow \bar{\nu}_\mu h^- X) = 1,02 \pm 0,12, \quad (3)$$

где  $z$  — приходящаяся на рассматриваемый адрон доля полной переданной в адронный блок энергии. Отношение  $\bar{R}^{+/-}$  было поправлено на примесь неидентифицированных протонов среди  $h^+$  ( $16 \pm 4\%$ ). При определении  $\bar{R}^{n/p}$  мы использовали метод статистического разделения взаимодействий на нейтроне и протоне, основанный на анализе распределения событий по суммарному электрическому заряду рожденных частиц <sup>4</sup>.

В рамках кварк-партонной модели с учетом наших экспериментальных условий отношения (1) — (3) накладывают следующие ограничения на киральные константы связи:

$$\bar{R} = 2,66 u_R^2 + 2,72 d_R^2 + 0,98 u_L^2 + 1,05 d_L^2 = 0,406 \pm 0,028, \quad (4)$$

$$\frac{1 - \bar{R}^{n/p}}{1 + \bar{R}^{n/p}} = \frac{1}{\bar{R}} [0,89 (u_R^2 - d_R^2) + 0,24 (u_L^2 - d_L^2)] = 0,06 \pm 0,10 \quad (5)$$

$$\frac{\bar{R}^{+/-} - 1}{\bar{R}^{+/-} + 1} \frac{D_d^- + D_d^+}{D_d^- - D_d^+} = \frac{1}{\bar{R}} (3,07 u_R^2 - 2,60 d_R^2 + 0,75 u_L^2 - 0,57 d_L^2) = 0,05 \pm 0,31, \quad (6)$$

где  $(D_d^- - D_d^+) / (D_d^- + D_d^+) = 0,192 \pm 0,045$  измерено в данном опыте <sup>5</sup>,  $D_d^\pm = \int_0^1 D_d^{h^\pm}(z) dz$  — интегралы функций фрагментации  $d$ -кварка в заряженные мезоны.

Уравнения связи (4) — (6) дают возможность найти константы  $u_R$  и  $d_R$ , если воспользоваться результатами нейтринных опытов по измерению левых констант  $u_L$  и  $d_L$ . Для этой цели мы взяли данные группы CHARM <sup>6</sup>

$$u_L^2 + d_L^2 = 0,305 \pm 0,013 \quad (7)$$

и результат фита мировых данных <sup>7</sup>

$$\theta_L = \arctg(u_L / d_L) = 142 \pm 4^\circ. \quad (8)$$

Комбинируя уравнение (4) для  $\bar{R}$  с (7) — (8), мы получили отличную от нуля на уровне трех стандартных отклонений величину правого адронного нейтрального тока

$$u_R^2 + d_R^2 = 0,035 \pm 0,011. \quad (9)$$

Отношения  $\bar{R}^{n/p}$  и  $\bar{R}^{+/-}$  дали, соответственно:

$$u_R^2 - d_R^2 = 0,049 \pm 0,045, \quad (10)$$

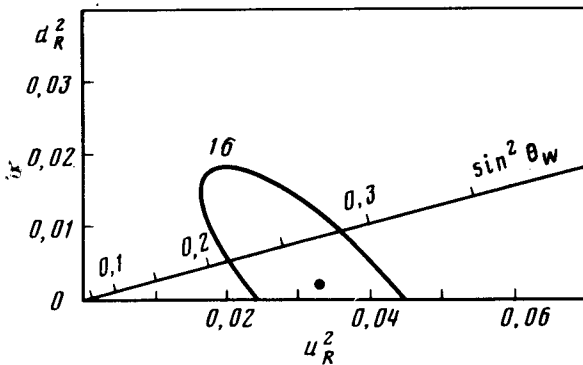
$$u_R^2 - 0,85 d_R^2 = 0,014 \pm 0,042. \quad (11)$$

Наконец, совместный фит трех уравнений (4) — (6) с (7) — (8) привел к следующим значениям правых констант

$$u_R^2 = 0,033 \pm 0,017 \quad \text{и} \quad d_R^2 = 0,002 \pm 0,017. \quad (12)$$

Ошибки здесь коррелированы. Разрешенная область для  $u_R^2$  и  $d_R^2$  (контур одного стандартного отклонения) показана на рисунке.

Ошибки в (9) — (12) практически полностью определяются точностью нашего эксперимента. Изменение левых констант в выражениях (7) — (8) на одно стандартное отклонение меняет величины (9) — (12) в пределах одной трети от указанных ошибок.



Контур одного стандартного отклонения для квадратов правых констант связи слабого адронного нейтрального тока  $u_R^2$  и  $d_R^2$ . Прямой линией даны предсказания стандартной модели электрослабых взаимодействий

Неопределенности при вычислении коэффициентов в уравнениях (4) – (6) приводят к неопределенности конечных результатов также на уровне, не превышающем 30% от полученных ошибок.

Найденные величины правых констант связи хорошо согласуются с результатами предшествующих опытов, а также с предсказаниями стандартной модели электрослабых взаимодействий при значениях  $\sin^2 \theta_W$  в интервале 0,2 – 0,3.

В заключение мы выражаем благодарность нашим коллегам из ФНАЛ и Мичиганского университета за обработку и анализ части статистики данного эксперимента, а также благодарим технический и обслуживающий персонал наших институтов за помощь в проведении эксперимента.

#### Литература

1. *Sehgal L.M.* Phys. Lett., 1977, **71B**, 99.
2. *Weinberg S.* Phys. Rev. Lett., 1967, **19**, 1264; *Salam A.* In: Elementary Particle Theory./Ed. N. Svartholm – Stockholm: Almqvist and Wiksell, 1968, p. 367; *Glashow S.G., Piopoulos J., Maiani L.* Phys. Rev., 1970, **D2**, 1285.
3. *Горичев П.А. и др.* – “Нейтральные токи в антинейтринном эксперименте на 15-футовой пузырьковой камере”, препринт ИТЭФ-72, Москва, 1983.
4. *Efremenko V.I. et al.* Phys. Lett., 1979, **84B**, 511.
5. *Berge J.P. et al.* Nucl. Phys., 1982, **B203**, 1.
6. *Jonker M. et al.* Phys. Lett., 1981, **99B**, 265.
7. *Kim J.E. et al.* Rev. Mod. Phys., 1981, **53**, 211.

Институт теоретической  
и экспериментальной физики

Поступила в редакцию  
13 октября 1983г.  
После переработки  
14 декабря 1983г.