

## АЗИМУТАЛЬНАЯ АСИММЕТРИЯ ОТРИЦАТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫХ АДРОНОВ В РЕАКЦИИ $\bar{\nu}N \rightarrow \mu^+ h^- X$

В.В.Аммосов<sup>1)</sup>, А.Э.Асратян<sup>2)</sup>, Дж.П.Берге<sup>3)</sup>, Д.Богерт<sup>3)</sup>,  
В.А.Гапиенко<sup>1)</sup>, Г.С.Гапиенко<sup>1)</sup>, П.А.Горичев<sup>2)</sup>, А.Г.Денисов<sup>1)</sup>,  
В.И.Ефременко<sup>2)</sup>, В.Г.Заец<sup>1)</sup>, В.И.Клюхин<sup>1)</sup>, В.И.Корешев<sup>1)</sup>,  
С.П.Кручинин<sup>2)</sup>, М.А.Кубанцев<sup>2)</sup>, Дж.Малко<sup>3)</sup>, И.В.Махлюева<sup>2)</sup>,  
Ф.А.Незрик<sup>3)</sup>, Р.Орава<sup>3)</sup>, П.В.Питухин<sup>1)</sup>, В.И.Сиротенко<sup>1)</sup>,  
Е.А.Слободюк<sup>1)</sup>, А.В.Федотов<sup>2)</sup>, Р.Ханфт<sup>3)</sup>, В.Г.Шевченко<sup>2)</sup>,  
В.И.Шекелян<sup>2)</sup>

На основе анализа данных с 15-футовой пузырьковой камеры Фермилаб сообщается о наблюдении азимутальной асимметрии адронов в полуинклюзивной реакции  $\bar{\nu}N \rightarrow \mu^+ h^- X$ . Проводится сравнение с различными теоретическими предсказаниями.

Несимметричность распределения адронов вокруг вектора переданного импульса ( $q$ ) в лептон-нуклонных взаимодействиях предсказывается в ряде моделей. В пертурбативной квантовой хромодинамике (КХД) сечение рассеяния лептона на партоне с испусканием глюона имеет в первом порядке по  $\alpha_s$  зависимость от  $\cos \Phi$  и  $\cos 2\Phi$ <sup>1</sup>, где  $\Phi$  — азимутальный угол партона после рассеяния. Определение угла  $\Phi$  в плоскости перпендикулярной вектору  $q$  и направление его отсчета от лептонной плоскости показано на рис. 1. Аналогичная зависимость лептон-партонового сечения от  $\Phi$  возникает и в кварк-партоновой модели (КПМ), если учитывать движение кварка внутри нуклона<sup>2</sup>. Кроме того, для  $T$ -нечетных процессов как КХД, так и абелева глюонная модель (АГМ) предполагают возникновение зависимости сечения от  $\sin \Phi$  и  $\sin 2\Phi$ <sup>3</sup>. Согласно всем этим предсказаниям эффекты неоднородности в распределении по  $\Phi$  должны быть наиболее сильными в антинейтринных взаимодействиях заряженного тока (АВЗТ).

К настоящему времени азимутальная асимметрия наблюдалась в мюонорождении<sup>4</sup>, попытки ее обнаружения в нейтринных реакциях приводили до сих пор к противоречивым результатам<sup>5-7</sup>. Трудности работы с нейтринными данными обусловлены неточностью экспериментального восстановления вектора  $q$  из-за неполной регистрации адронов. Реально в любом эксперименте изучается асимметрия продуктов фрагментации кварка, а не самого кварка. Это вносит дополнительные трудности, так как при фрагментации частично теряется информация об угловом распределении кварка.

Цель настоящей работы — исследовать распределение по  $\Phi$  для быстрых отрицательно заряженных адронов ( $h^-$ ) из полуинклюзивной реакции  $\bar{\nu}N \rightarrow \mu^+ h^- X$ . В АВЗТ адронная струя вперед обусловлена фрагментацией  $d$ -кварка, следовательно, быстрые  $h^-$  должны наиболее близко отражать угловые характеристики выбитого кварка. Предварительный результат по этой работе был представлен на 10-ый международный симпозиум по лептонным и фотонным взаимодействиям в Бонне<sup>8</sup>.

Данные являются результатом обработки и анализа 155000 снимков, полученных при облучении 15-футовой пузырьковой камеры Фермилаб с тяжеложидкостным  $Ne + H_2$  заполнением в антинейтринном пучке с широким спектром. Образец АВЗТ с энергией  $E_{\bar{\nu}} = 10 - 200$  ГэВ определялся выделением  $\mu^+$ -мезона с помощью внешнего мюонного идентификатора. Более подробно детали эксперимента описаны, например, в<sup>9</sup>. Для данной рабо-

1) Институт физики высоких энергий, Серпухов, СССР.

2) Институт теоретической и экспериментальной физики. Москва, СССР.

3) Фермиевская национальная ускорительная лаборатория, Батавия, США.

ты было отобрано  $\sim 1100$  АВЗТ удовлетворяющих трем условиям: 1) инвариантная адронная масса  $W > 2$  Гэв, 2) квадрат переданного четырех-импульса  $Q^2 > 1$  Гэв<sup>2</sup>, 3) суммарный поперечный импульс в плоскости перпендикулярной пучку меньше 500 Мэв/с. Первые два требования уменьшают перекрытие между областями фрагментации тока и мишени, последнее отбирает взаимодействия с малыми потерями адронной энергии. Вектор  $q$  восстанавливался как ортогональная проекция суммарного измеренного адронного импульса на лептонную плоскость. Условие 3) сильно уменьшает образец АВЗТ, зато в отобранных событиях более точно определен вектор  $q$  и, значит, не слишком велики эффекты искажающие распределение по  $\Phi$ . Выделенный образец АВЗТ имел средние величины  $\langle Q^2 \rangle = 5, 5$  Гэв<sup>2</sup> и  $\langle E_{\bar{\nu}} \rangle = 37$  Гэв.

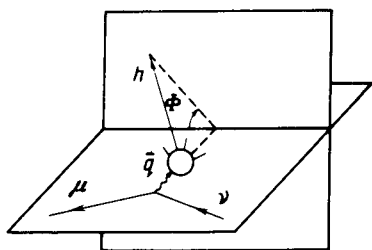


Рис. 1. Схема, поясняющая определение азимутального угла  $\Phi$

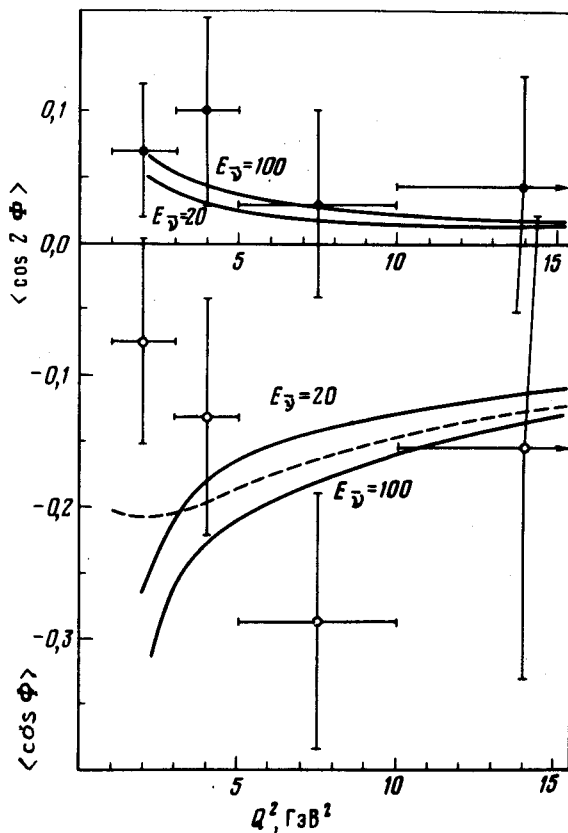


Рис. 2. Измеренные значения  $\langle \cos \Phi \rangle$  и  $\langle \cos 2\Phi \rangle$  для разных интервалов  $Q^2$ . Сплошные кривые есть КХД предсказание позаимствованное из <sup>10</sup>. Штриховая кривая – наш расчет  $\langle \cos \Phi \rangle$  в рамках КПМ для среднего поперечного импульса кварка в нуклоне 800 Мэв/с

Для  $\sim 710h^-$ , летящих в переднюю полусферу в СЦМ адронного блока и уносящих долю адронной энергии ( $z$ ) большую 0,2, было найдено, что  $\langle \cos \Phi \rangle = -0,077 \pm 0,026$  и  $\langle \cos 2\Phi \rangle = 0,021 \pm 0,026$ . Отрицательный знак при  $\langle \cos \Phi \rangle$  указывает на избыток быстрых  $h^-$  в противоположной от  $\mu^+$  стороне относительно  $q$  вектора. ( $\langle \cos \Phi \rangle$  для быстрых положительных адронов ( $h^+$ ) равен  $0,044 \pm 0,028$ , т. е. быстрые  $h^+$  имеют тенденцию быть ближе к  $\mu^+$ -мезону). С помощью Монте-Карло процедуры изучалось искажающее влияние потерь адронной энергии и внутриядерных каскадов на угловое распределение адронов. Введение соответствующих поправок дает окончательный результат  $\langle \cos \Phi \rangle = -0,155 \pm 0,052$  и  $\langle \cos 2\Phi \rangle = 0,036 \pm 0,031$ . Приводимые ошибки не отражают возможные погрешности, связанные с Монте-Карло расчетом.

Поправленные значения  $\langle \cos \Phi \rangle$  и  $\langle \cos 2\Phi \rangle$  для разных интервалов  $Q^2$  даны на рис.2. Сплошные кривые взяты из <sup>10</sup> и представляют собой КХД расчет для быстрых ( $z > 0,2$ )

заряженных  $\pi$ -мезонов обоого знака при двух значениях энергии  $E_{\pi} = 20$  ГэВ и 100 ГэВ. Штриховая кривая на этом же рисунке отражает нашу попытку согласовать наблюдаемое поведение  $\langle \cos\Phi \rangle$  с КПМ. Вычисления проделаны в соответствии с  $s^2$  при среднем поперечном импульсе кварка в нуклоне 800 МэВ/с и среднем поперечном импульсе адрона в струе 360 МэВ/с. В пределах ошибок данные не противоречат ни КХД, ни КПМ предсказаниям.

Оценка вклада  $T$ -нечетных процессов была получена измерением отношения  $R = (N^+ - N^-) / (N^+ + N^-)$ , где  $N^+$  и  $N^-$  есть числа быстрых  $h^-$  "сверху" ( $0^\circ < \Phi < 180^\circ$ ) и "снизу" ( $180^\circ < \Phi < 360^\circ$ ) от лептонной плоскости. Величина  $R$ , отражающая "верх-низ" асимметрию, не чувствительна к точности восстановления вектора  $q$  и связана с  $\sin\Phi$  соотношением  $R = 4 \langle \sin\Phi \rangle / \pi$ . Значение  $\langle \sin\Phi \rangle$ , найденное через  $R$ , оказалось равным  $-0,056 \pm 0,035$ , что согласуется с КХД предсказанием, но противоречит АГМ, утверждающей положительность  $\langle \sin\Phi \rangle$ <sup>3</sup>. Величина  $\langle \sin 2\Phi \rangle$  определена как  $0,016 \pm 0,026$ .

В заключение отметим, что в полуинклюзивном процессе  $\bar{\nu}N \rightarrow \mu^+ h^- X$  наблюдается не-изотропность в распределении быстрых  $h^-$  по углу  $\Phi$ , наиболее явно выражающаяся в виде "лево-право" асимметрии со значением  $\langle \cos\Phi \rangle = -0,155 \pm 0,052$ . В целом все измеренные нами величины в пределах ошибок не противоречат ни КХД ни КПМ предсказаниям.

#### Литература

1. *Georgi H., Politzer H.D.* Phys. Rev. Lett., 1978, 40, 3.
2. *Cahn R.N.* Phys. Lett., 1978, 78B, 269.
3. *Hagiwara K., Nikasa K., Kai N.* Phys. Rev. Lett., 1981, 47, 983.
4. *Tao C. et al.* Phys. Rev. Lett., 1980, 44, 1726.
5. *Derrick M. et al.* Phys. Rev., 1981, D24, 1071.
6. *Ballagh H.C. et al.* Pros. Int. Conf. "Neutrino-82", Hungary, Balaton, 1982, suppl., p. 143.
7. *Vayaki A. et al.* Contr. paper 737, 21-st Int. Conf. on High Energy Physics, France, Paris, 1982.
8. *Schmitz N.* Pros. Int. Symp. on Lepton and Photon Interactions at High Energies, West Germany, Bonn, 1981, p. 552 - 553.
9. *Ammosov V.V. et al.* Nucl. Phys., 1981, B177, 365.
10. *Mendez A., Raychaudhuri A., Stenger V.J.* Nucl. Phys., 1979, B148, 499.