

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию В.В.Шмаковой "Изучение процесса  $pn \rightarrow \{pp\}_s \pi^-$  вблизи порога с образованием  $^1S_0$  протонных пар в поляризованном эксперименте на установке ANKE-COSY",

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 -- физика атомного ядра и элементарных частиц

Последние два десятилетия ознаменовались впечатляющим прогрессом в теоретическом описании адронных процессов при низких энергиях в рамках киральной эффективной теории поля. Этот подход, предложенный Вайнбергом в начале 1990-х, базируется на наиболее общих эффективных лагранжианах, включающих киральную симметрию КХД и различные сценарии её нарушения. Киральная эффективная теория поля рассматривает пионы и нуклоны, как активные степени свободы. Для случая двух флейворов (u- и d-кварков) эффективный лагранжиан записывается в терминах пионов, которые идентифицируются как (псевдо)голдстоуновские бозоны нарушенной киральной

симметрии  $SU(2)_L \times SU(2)_R \rightarrow SU(2)_V$ . Голдстоуновская природа пионов делает возможными пертурбативные вычисления, используя разложение в ряд по степеням отношения характерного 3-импульса адронного процесса к характерному адронному масштабу порядка 1 ГэВ. Другими словами, мы наблюдаем качественный прогресс в описании физических процессов при низких энергиях: переход от феноменологических моделей к хорошо обоснованной теории, позволяющей делать вычисления с контролируемой точностью. Однако теория содержит некоторое число параметров, величины которых должны быть определены из данных экспериментов. Рассматриваемая диссертация посвящена получению данных, содержащих информацию об одном из этих параметров,  $d$ , и, поэтому, несомненно является актуальной. Низкоэнергетическая константа  $d$  появляется в описании реакции одиночного рождения пиона в процессе  $NN \rightarrow NN\pi^-$ . Рецензируемая диссертационная работа основана на результатах анализа данных о дифференциальном сечении, векторной анализирующей способности и спин-корреляционном коэффициенте  $A_{xx}$  в реакции  $np \rightarrow \{pp\}_s \pi^-$  при энергии 353 МэВ, а также на результатах совместного парциально-волнового анализа реакций  $pp \rightarrow \{pp\}_s \pi^0$  и  $np \rightarrow \{pp\}_s \pi^-$ .

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Кроме некоторых кинематических определений, приложения содержат важную оценку систематических погрешностей результатов.

Во введении обоснована актуальность исследований, сформулированы цели работы, дано краткое описание полученных результатов, среди которых особо отмечены новые.

Первая глава содержит изложение основных понятий киральной теории сильных взаимодействий, низкоэнергетической эффективной теории возмущений. Проведен анализ



имеющейся экспериментальной информации о величине константы  $d$  и обоснован выбор реакции  $pn \rightarrow \{pp\}_s \pi^-$ , как наиболее перспективной для решения поставленной задачи. Ясное изложение свидетельствует о полном понимании соискателем современного состояния низкоэнергетической киральной теории, хотя и представляется иногда излишне подробным и несколько длинным (20 страниц) для экспериментальной диссертации.

Во второй главе описан ускоритель COSY и установка ANKE. В ней кратко описаны системы детекторов установки ANKE и, более подробно, специфические для поляризационных экспериментов вопросы, такие как создание поляризованных пучков дейтерия и водорода, поляризованной водородной мишени, а также использование кремниевого вершинного детектора для регистрации медленных спектаторных протонов.

Третья глава диссертации посвящена анализу экспериментальных данных. При выбранной энергии пучка одотрековые события в детекторах положительно и отрицательно заряженных частиц составляют более 99.5%. В этом случае для поиска треков и определения импульсов частиц достаточно применения стандартных для ANKE процедур обработки данных. Но в процессах с поляризованным протонным и/или дейтронным пучком  $pn \rightarrow \{pp\}_s \pi^-$  и поляризованной мишенью  $pn \rightarrow \{pp\}_s \pi^-$  при малой энергии возбуждения  $E_{pp}$  протонная пара в большом числе случаев попадают в один детектор. Это потребовало создания специального метода эффективного восстановления таких событий. Для идентификации частиц, кроме стандартной процедуры сравнения измеренных и вычисленных разностей времени их пролета от мишени до сцинтилляционных счетчиков, использовалась информация об их энергетических потерях. Точное определение импульсов продуктов реакций требует хорошего знания пространственной локализации детекторов. Эта задача была решена путем минимизации величин недостающих масс частиц, рожденных в эксклюзивных реакциях, при варьировании геометрических параметров. В этой же главе описан целый ряд процедур по определению эффективностей детекторов, участвующих в регистрации и восстановления событий, оценки поляризации и светимости мишеней, восстановлению вершины взаимодействия и формы фона в спектрах недостающих масс. Эта большая и кропотливая работа является необходимой для получения физических распределений из "сырых" данных. Подробное её описание и внимательное отношение к деталям свидетельствует о том, что значительная часть этой работы была выполнена соискателем.

Результаты работы представлены в четвертой главе диссертации. Впервые выполнены измерения дифференциального сечения и протонной анализирующей способности  $A_y^p$  реакции  $pn \rightarrow \{pp\}_s \pi^-$  в полном угловом диапазоне при энергии поляризованного протонного пучка 353 МэВ и энергии возбуждения дипротона менее 3 МэВ. Впервые изучен процесс  $pn \rightarrow \{pp\}_s \pi^-$  с использованием поляризованного пучка дейтронов и поляризованной протонной мишени. Из данных экспериментов с двойной поляризацией определены дифференциальное сечение, протонная  $A_y^p$  и нейтронная  $A_y^n$  анализирующие способности. Для этой реакции впервые измерены спин-корреляционные коэффициенты  $A_{x,x}$  и  $A_{x,y}$  при энергии  $T_n=353$  МэВ. В этой же главе описана процедура совместного парциально-волнового анализа реакций  $pn \rightarrow \{pp\}_s \pi^-$  и  $pn \rightarrow \{pp\}_s \pi^0$ . Найдены три решения с близкими значениями  $\chi^2/\text{ndf}$ . Для выбора между тремя предсказаниями парциально-волнового анализа для реакции  $pn \rightarrow \{pp\}_s \pi^-$  предложено измерение







Сведения об оппоненте:

Киселев Юрий Тимофеевич

доктор физико-математических наук,

ведущий научный сотрудник,

начальник лаборатории

тел. 8 (499) 123 72 82

E-mail [yurikis@itep.ru](mailto:yurikis@itep.ru)

Федеральное государственное бюджетное учреждение "Институт теоретической и экспериментальной физики имени А.И.Алиханова Национального исследовательского центра "Курчатовский Институт"

Российская Федерация, 117218 г. Москва, улица Большая Черемушkinsкая, дом 25