

Текущее сотрудничество ПИЯФ — COSY.

Измерения на спектрометре ANKE

В настоящее время группа физиков Лаборатории мезонной физики конденсированных сред ПИЯФ принимает участия в исследованиях на спектрометре ANKE, которые проводятся по следующим направлениям:

- Исследование рождения ω - и ϕ -мезонов в pn -взаимодействиях вблизи порога и экспериментальная проверка правила Окубо-Цвейга-Изуки в данном канале;
- Проверка изоспиновой инвариантности при рождении Λ - и $\Sigma^{0,\pm}$ -гиперонов в pp - и pn -взаимодействиях;
- Исследование $\Lambda(1405)$ -резонанса и взаимодействия антикаонов с нуклонами и легкими ядрами в реакциях с рождением K^+K^- и $K^+\bar{K}^0$ пар вблизи порога;
- Исследование модификации свойств ϕ -мезонов в ядерной материи.

Описание решаемых проблем, поставленной задачи и подходов к ее решению.

Основной целью настоящей работы является проведение экспериментального исследования рождения легких мезонов и гиперонов на спектрометре ANKE, расположенном на синхротроне COSY. Изучение рождения мезонов в нуклон-нуклонных (NN) соударениях вблизи порога, где число парциальных волн, вовлеченных в процесс, ограничено, помогает получить важную информацию о NN -взаимодействии, так как интерпретация данных значительно упрощена.

В последние годы был проведен ряд экспериментов по измерению сечений рождения ω - и ϕ -мезонов, большая часть которых выполнена на ANKE. В настоящий момент отношение $\sigma_\phi/\sigma_\omega$ достаточно хорошо установлено для случая pp -столкновений и в 6 ± 2 раза превышает R_{OZI} , но дальнейшая интерпретация этого результата все же требует более детального изучения механизма рождения. Следует заметить, однако, что последние измерения дифференциальных сечений (COSY-TOF, ANKE) не обнаружили существенной анизотропии углового распределения мезонов при энергии возбуждения 90 МэВ, которая предсказывается расчетами, утверждающими, что $\sigma_\phi/\sigma_\omega$ может в 4.5 раза превышать R_{OZI} без явного привлечения «странной» компоненты. Важное значение для однозначного выяснения механизма рождения имеет сравнение сечений в pp - и pn - изоспиновых каналах. На данный момент существенным представляется увеличение точности измерения полного сечения (проверка правила ОЦИ) и получение угловых распределений (выяснение механизмов

рождения ω -мезонов) для реакции $pn \rightarrow d\phi$. Высокостатистические измерения этого процесса были проведены в июле-августе 2008г. с использованием кластерной дейтериевой мишени (источник квазисвободных нейтронов) и кремниевых детекторов для регистрации протонов отдачи. В настоящее время ведется обработка результатов этого эксперимента.

Вторым направлением исследований является систематическое изучение рождения Λ - и $\Sigma^{0,\pm}$ -гиперонов в различных начальных изоспиновых состояниях. В настоящее время реакции с образованием нейтральных гиперонов (Λ^0 , Σ^0) в pp -взаимодействиях достаточно хорошо изучены и данные, полученные на спектрометре ANKE, хорошо согласуются с данными, полученными на других установках. Однако результаты сотрудничества ANKE по измерению сечений реакции $pp \rightarrow nK^+\Sigma^+$ вблизи порога, которые сейчас готовятся к публикации, не поддерживают нарушения изотопической инвариантности. Следует также отметить, что эти сечения и ограничения на них получены несколькими методами и хорошо согласуются между собой. Следующим этапом будет измерение сечений рождения Λ - и Σ^- -гиперонов в pn -соударениях. Эти эксперименты позволят проверить изотопическую инвариантность в ранее неисследованном канале и предоставят, данные необходимые для определения механизмов гиперонного рождения. Первые эксперименты, проведенные параллельно с исследованиями реакции $pn \rightarrow d\phi$, показали, что события реакции $pn \rightarrow pK^+\Sigma^-$ могут быть идентифицированы и их достаточно для получения сечений в интервале энергий возбуждения от 40 до 140 МэВ. Планируется проведение нового эксперимента, который позволит исследовать эту реакцию при низких относительных энергиях (<40 МэВ), а также позволит параллельно получить сечения рождения Λ -гиперона в реакции $pn \rightarrow nK^+\Lambda$.

Третьим направлением исследований является изучение рождения каон-антикаонных пар в pp -, pn - и pd -взаимодействиях, что позволит установить механизм взаимодействия антикаонов с нуклонами и легкими ядрами, где возможно появление глубоких связанных состояний. Данные взаимодействия могут наиболее сильно проявляться в околопороговом режиме как взаимодействия в конечном состоянии продуктов реакций типа $NN \rightarrow NNK\bar{K}$. Первые эксперименты по изучению таких процессов были проведены на спектрометре ANKE в 2004 – 2009гг. Было показано, что $\bar{K}p$ -, $\bar{K}pp$ - и $\bar{K}d$ -взаимодействия в конечном состоянии достаточно сильные и согласуются с результатами, полученными в исследованиях K^- -атомов. На 2010 – 2012гг. запланирована обработка высокостатистических экспериментальных данных по реакции $pp \rightarrow ppK^+K^-$, которая позволит извлечь длину K^-p -рассеяния с хорошей точностью и получить новые данные о взаимодействии ϕ -мезонов с нуклонами. Также на этот период запланированы измерения распределений по инвариантным массам для реакции $pd \rightarrow {}^3\text{He}K^+K^-$, которые позволят установить длину $K^-{}^3\text{He}$ -рассеяния и пролить свет на возможность существования глубоких связанных состояний в этой системе. Будут впервые

измерены характеристики реакции $pd \rightarrow {}^3\text{H}K^+ \bar{K}^0$.

Четвертым направлением исследований является измерение изменения свойств адронов (массы, ширины и константы связи) в ядерной среде, которое изучается путем регистрации низкоимпульсной адронной компоненты, испускаемой в реакциях типа $pA \rightarrow K^+K^-X$, где $A = \text{C}, \text{Cu}, \text{Ag}$ и Au . Эта работа позволит измерить не только K^- -ядерный потенциал, но и получить отсутствующую в настоящее время информацию о поведении ϕ -мезонов в ядерной среде, так как этот мезон распадается по K^+K^- -каналу в 50% случаев. Наконец, изучение корреляционных спектров, когда вместе с K^+K^- -парой регистрируются высокоимпульсные частицы ($p, d, {}^3\text{H}, {}^3\text{He}$ и ${}^4\text{He}$), даст новую информацию о механизмах рождения мезонов в нуклон-ядерных соударениях.

Полученные результаты позволят России сохранить лидирующие позиции в фундаментальных научных исследованиях физики атомного ядра и элементарных частиц. Реализация проекта позволит не только получить новые уникальные знания о ядерных силах и свойствах исследуемых элементарных частиц, но и воспитать новое поколение физиков-исследователей путем привлечения к выполнению работ студентов физических факультетов высших учебных заведений Санкт-Петербурга.