

Рецензия на проект
Странность в нуклоне и в ядрах
(проект ГиперНИС)
Тема 2-1-1086-2009/2024

В программе проекта ГиперНИС планируется изучение процессов образования гиперфрагментов в пучках легких релятивистских ионов при энергиях Нуклотрона. При этом будут отбираться события, в которых быстрота гиперфрагментов близка к скорости ядра снаряда. В такой постановке эксперимента средняя длина пробега гиперядер до распада составляет десятки сантиметров, что облегчает идентификацию событий и измерение времени жизни гиперядер. Кроме того, при достаточно высоком выходе быстрых гиперфрагментов можно исследовать их взаимодействие с дополнительными поглотителями, поставленными между мишенью и распадным объемом, что открывает возможность изучать структуру слабосвязанных гиперядер, измеряя сечения их диффракционного взаимодействия в веществе поглотителей.

Идентификация событий с образованием релятивистских гиперфрагментов представляет собой сложную методическую задачу, поскольку из-за малых углов вылета гиперфрагментов и продуктов их распада детекторы приходится располагать в первичном пучке, а события с распадами гиперядер необходимо выделять на фоне намного более вероятных процессов обычной фрагментации.

В проекте ГиперНИС для отбора редких событий с распадами гиперфрагментов применяются несколько ключевых условий. В ходе набора данных триггерная система выделяет двухчастичные Π^- -мезонные распады гиперфрагментов, в которых заряд дочернего ядра превосходит заряд гиперфрагмента. При последующем анализе зарегистрированных событий накладывается требование, чтобы предполагаемый распад гиперядра происходил в вакуумном объеме, что подавляет фон от вторичных взаимодействий. В дополнение к этому, измеренная инвариантная масса Π^- -мезона и дочернего ядра должна соответствовать массе регистрируемого гиперядра. Указанный отбор событий осуществляется с помощью основных детекторных подсистем: триггерной системы на основе черенковских и сцинтилляционных счетчиков, определяющих заряды частиц до и после распадного объема; системы пропорциональных камер, измеряющих углы вылета Π^- -мезона и дочернего ядра, а также импульс дочернего ядра, измеряемый по отклонению трека полем анализирующего магнита; и время-пролётной системы на основе RPC, с помощью которой определяется импульс Π^- -мезона.

В предыдущие несколько лет все указанные детекторные системы были модернизированы и протестированы, что позволяет говорить о высокой степени

готовности эксперимента к началу измерений. Следует однако отметить, что некоторые существенные обновления, в частности, модернизация электроники пропорциональных камер, были осуществлены уже после проведения тестовых сеансов, поэтому авторы проекта отмечают желательность дополнительного короткого методического сеанса, который бы предварял первый сеанс с набором физических данных.

В запланированной на предстоящий трехлетний период программе исследований в проекте HyperNIS внимание уделяется в первую очередь поиску нейтроноизбыточных ядер ${}^6_{\Lambda}H$ в эксперименте с пучком 7Li . Имеющиеся к настоящему моменту данные об экспериментальном наблюдении ${}^6_{\Lambda}H$ противоречивы: в эксперименте FINUDA в реакции ${}^6Li (K^-_{stop}, \pi^+)$ были зарегистрированы три события, интерпретированные как образование связанного состояния ${}^6_{\Lambda}H$. Однако в более позднем эксперименте J-PARC E10 в реакции ${}^6Li (\pi^-, K^+)$ связанного состояния ${}^6_{\Lambda}H$ обнаружено не было. Теоретические оценки энергии связи ${}^6_{\Lambda}H$ также сильно разнятся в зависимости от используемой модели. Если в эксперименте HyperNIS будут зарегистрированы распады ${}^6_{\Lambda}H \rightarrow {}^6He + \pi^-$, ситуация значительно прояснится, а наблюдение настолько нейтроноизбыточного ядра будет иметь важное значение для теоретического описания внутриядерных нуклон-нуклонных и ΛN взаимодействий.

Следует отметить, что в том же эксперименте с пучком 7Li будут детектироваться события с образованием ${}^3_{\Lambda}H$ и ${}^4_{\Lambda}H$, что не только послужит дополнительным контролем эффективности эксперимента, но и само по себе представляет значительный научный интерес, поскольку сечения таких процессов известны с низкой точностью. В конце 80-х – начале 90-х гг. в серии экспериментов на пучках синхрофазотрона с помощью спектрометра со стриммерной камерой (ГИБС) были исследованы процессы образования релятивистских гиперядер водорода в пучках ядер гелия и лития при энергиях 2.2–5.1 ГэВ/нуклон. Распады гиперядер были идентифицированы с высокой степенью надежности, но статистика зарегистрированных распадов составляла десятки или даже единицы событий. Ожидаемая скорость регистрации распадов гиперядер в эксперименте HyperNIS составляет несколько сотен событий в день, что позволит измерить сечение образования гиперфрагментов водорода с высокой точностью.

Не менее важным потенциальным результатом программы HyperNIS представляется измерение времени жизни ${}^3_{\Lambda}H$ и ${}^4_{\Lambda}H$. Определение времени жизни гипертретия как наиболее легкого из гиперядер представляет особую важность для проверки теоретического описания. В течение длительного периода дополнительную загадку представляли собой данные, полученные в ранних гиперядерных экспериментах, в которых при малой энергии связи гипертретона

было измерено время жизни, заметно меньшее в сравнении со временем жизни свободной Λ частицы. С появлением данных экспериментов STAR и ALICE, в которых статистика зарегистрированных ${}^3_\Lambda\text{H}$ составляет десятки тысяч событий, острота проблемы уменьшилась, поскольку полученные результаты не подтверждают малого времени жизни гипертрипия. Тем не менее измерение времени жизни гиперядер водорода в эксперименте HyperNIS будет иметь важное значение, поскольку данные будут получены в постановке эксперимента, отличной от коллайдерной, и систематическая погрешность этих измерений ожидается низкой.

На втором этапе проекта HyperNIS планируется наблюдение образования гиперядер ${}^6_\Lambda\text{He}$ в пучке ${}^6\text{Li}$ и измерение времени жизни и энергии связи этих гиперядер. Также в качестве потенциальных задач для дальнейших исследований рассматриваются поиск ${}^8_\Lambda\text{H}$ и измерение энергии связи ${}^3_\Lambda\text{H}$.

В связи с предложенной программой представляется важным добавление в нее измерение сечений образования гиперядер при энергиях пучка меньших, чем максимально достижимая в эксперименте. Уточнение энергетической зависимости сечений имеет самостоятельный интерес для проверки теоретических моделей, а также представляется важной в свете аномально высоких (в сравнении с результатами ГИБС и модельными предсказаниями) сечений образования гиперядер водорода в пучке ${}^6\text{Li}$ при энергии 2 ГэВ/н, полученных в эксперименте HyperNI в GSI (Дармштадт).

В предложенной программе проекта HyperNIS предполагается детектирование распадов гиперядер водорода в пучке ${}^7\text{Li}$ и гиперядра ${}^6_\Lambda\text{He}$ в пучке ${}^6\text{Li}$. При этом основным изменением при переходе от одного измерения к другому будут настройки порогов в электронике триггерной системы. Представляется целесообразным исследовать возможность одновременного включения двух параллельных ветвей триггера, то есть опробовать одновременную регистрацию в обоих сеансах и гиперядер водорода, и гиперядра ${}^6_\Lambda\text{He}$.

Актуальность и научная значимость предложенных исследований с пучками Нуклотрона очень высоки, и я рекомендую поддержать представленный проект с первым приоритетом.



С.А.Седых, ведущий научный сотрудник
Лаборатория физики высоких энергий им. В.И.Векслера и А.М.Балдина
e-mail: sedykh@jinr.ru