

**Рецензия на проект  
ГиперНИС+SRC  
Тема 02-1-1086-2009/2023**

В проекте ГиперНИС+SRC предусматривается объединение двух программ: изучение процессов образования гиперфрагментов в пучках легких релятивистских ионов при энергиях Нуклотрона, а также исследование короткодействующих нуклонных корреляций в обратной кинематике. Обе программы предлагается реализовать на одной экспериментальной площадке в рамках единого спектрометра с общим набором детекторов.

В гиперядерной программе 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 дифракционного взаимодействия в веществе поглотителей.

В проекте ГиперНИС для отбора редких событий с распадами гиперфрагментов применяются несколько ключевых условий. В ходе набора данных триггерная система выделяет двухчастичные  $\Pi^-$ -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  $\Pi^-$ -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  $\Pi^-$ -мезона и дочернего ядра, а также импульс дочернего ядра, измеряемый по отклонению трека полем анализирующего магнита; и время-пролётной системы, с помощью которой определяется импульс  $\Pi^-$ -мезона.

В запланированной на предстоящий период программе исследований в первую очередь внимание уделяется поиску нейтроноизбыточных ядер  ${}^6\text{H}$  в эксперименте с пучком  ${}^7\text{Li}$ . 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  $\Lambda N$  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.

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

Программа по изучению короткодействующих нуклонных корреляций представляет собой продолжение исследований, проводившихся международной коллаборацией SRC в рамках проекта BM@N в сеансах 2018 и 2022 года на пучке ядер  ${}^{12}C$ . В предлагаемом проекте на первом этапе предполагается изучение взаимодействия ускоренных поляризованных дейтронов с водородной мишенью в кинематической области, характерной для процессов с участием коррелирующих нуклонных пар. Эти исследования могут быть проведены с уже имеющимся оборудованием и не создадут осложнений для реализации программы по исследованию гиперядер.

Во второй фазе программы SRC предполагается продолжить исследования с ускоренными ядрами  ${}^{12}C$  и водородной мишенью с полным восстановлением

кинематики реакции. В частности, предлагается изучение трёх-нуклонных короткодействующих корреляций. Для осуществления этой части программы потребуется добавление нескольких новых координатных детекторов и второго анализирующего магнита.

Актуальность и высокая научная значимость как исследования образования релятивистских гиперфрагментов, так и исследований нуклонных корреляций, аргументированно обоснованы авторами проекта. Также детально показана возможность реализации предложенных экспериментов в рамках единой установки. В предыдущий период проведена подготовка и тестирование всех детекторов, необходимых для реализации начальной фазы обеих программ, а часть детекторных систем SRC была использована в последнем эксперименте на установке SRC/BM@N, в проведении которого также участвовали молодые сотрудники ГиперНИС.

Важно также отметить, что энергии пучков Нуклотрона оптимальны для обеих программ проекта ГиперНИС+SRC, и в этом смысле ускорительный комплекс ЛФВЭ имеет особое конкурентное преимущество. Я рекомендую поддержать продление представленных программ 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