

Отзыв рецензента на продление проекта NA61/SHINE (Участие ОИЯИ)

Представленный проект является продолжением успешного участия группы сотрудников Лаборатории физики высоких энергий им. Векслера и Балдина и Лаборатории ядерных проблем им. Дзепелова ОИЯИ в эксперименте NA61/SHINE на суперпротонном синхротроне (SPS) ЦЕРН.

NA61/SHINE - это многоцелевой спектрометр для исследования адрон-протонных, адрон-ядерных и ядро-ядерных столкновений. Широкий диапазон импульсов частиц пучка, от пионов до ядер свинца, вместе с большим аксептансом и высоким разрешением детектора NA61/SHINE дает уникальную возможность выполнять необходимые измерения. Программа эксперимента включает в себя задачи по поиску гипотетической критической точки на фазовой диаграмме ядерной материи, изучению свойств начала деконфайнмента и образования открытого чарма. Также проводятся точные измерения процессов, необходимых для экспериментов с космическими лучами и нейтрино.

Анализ данных продолжится в следующих направлениях:

- образование легких ядер при ядерных взаимодействиях;
- рождение гиперонов в $Be+Be$, $Ar+Sc$, $Xe+La$, $Pb+Pb$ взаимодействия;
- образование антиматерии в ядро-ядерных взаимодействиях;
- рождение очарованных частиц в столкновениях релятивистских тяжелых ионов.

Кроме того, ведутся совместные работы по моделированию для проектов NICA и NA61/SHINE, опираясь на экспериментальные данные, полученные в эксперименте NA61/SHINE.

Коллаборация NA61/SHINE провела большую работу по модернизации установки в 2019-2022 годах. Участники группы ОИЯИ в рамках коллаборации выполняют обязательства как по физическому анализу данных и моделированию, так и по реализации программы модернизации установки NA61/SHINE, а именно по разработке и установке новой двухплечевой времяпролетной системы на основе MRPC детекторов. Установленное левое плечо ToF было полностью интегрировано в установку и успешно отработало во время набора данных в 2023 году. Правое плечо ToF предполагается установить в 2024 году, что позволит перекрыть весь аксептанс установки.

В проекте дается обзор программы физических исследований релятивистских взаимодействий ядер и описываются уникальные экспериментальные результаты, полученные за последние три года при активном участии сотрудников ОИЯИ в проекте NA61/SHINE. Приводятся также планы работы в рамках эксперимента на период 2025-2029 гг.

Необходимо провести анализ огромного количества набранных данных и обеспечить работу модернизированной установки на пучках SPS.

В эксперименте проводится всестороннее и последовательное изучение адронных взаимодействий, начиная с элементарных нуклон-нуклонных процессов и заканчивая столкновениями тяжелых ионов с различными атомными номерами и энергиями пучка (20A·ГэВ-158 A·ГэВ).

Участники проекта являются соавторами многочисленных публикаций и презентаций на эту тему, которые широко цитируются в мировой литературе.

Физики ОИЯИ также выполнили оригинальные исследования с использованием подхода к изучению релятивистских ядерных взаимодействий в четырехмерном пространстве скоростей, который ранее был предложен академиком А.М. Балдиным. Введение параметра подобия оказалось очень плодотворными при изучении ядерных взаимодействий при высоких энергиях. Модифицированный подход был успешно применен для описания инклюзивных спектров рожденных пионов и канов в центральной области быстрот в pp и AA - взаимодействиях. Суть модификации этого подхода состоит во включении кварк-глюонной динамики в рождение адронов в нуклон-нуклонном

взаимодействии в центральной области быстрот ($y = 0$). Полученные расчеты показали достаточно успешное описание отношения выходов каонов и пионов в широкой области начальных энергий, вплоть до энергий LHC.

Дальнейшее участие в эксперименте NA61/SHINE позволит физикам продолжить систематическое изучение ядерных взаимодействий, начиная с легких ядер и заканчивая тяжелыми, включая также ядра средних размеров. Для этой программы исследования на установке NA61/SHINE чрезвычайно ценны и все еще вне конкуренции из-за уникальных параметров установки и наличия пучков ядер на SPS (ЦЕРН). В частности, после модернизации скорость набора данных повысилась примерно в 15 раз.

Важно подчеркнуть, что диапазон импульсов пучка, обеспечиваемый SPS для NA61/SHINE, очень важен для сообществ тяжелых ионов, нейтрино и космических лучей. Во всем мире предпринимаются усилия по созданию новых установок, обеспечивающих ионные и адронные пучки в диапазоне импульсов пучка SPS. Это установки с фиксированными мишенями на FAIR, Германия, а также коллайдерная установка NICA, Россия. Они начнут работать после того, как будут получены основные результаты проекта, которые крайне необходимы для планирования будущих экспериментов.

Участие группы ОИЯИ в эксперименте NA61/SHINE необходимо в рамках подготовки молодых специалистов для проекта NICA. По физике, близкой к программе NICA, в рамках проекта NA61/SHINE защищено несколько докторских кандидатских диссертаций. В ближайшее время планируется подготовить две кандидатские и докторскую диссертации с использованием результатов эксперимента NA61/SHINE и моделирования для проекта NICA.

Опытные сотрудники, защитившие докторские и кандидатские диссертации по результатам эксперимента NA61, в настоящее время успешно работают над проектом NICA.

Финансовые запросы вполне оправданы для получения значимых физических результатов, которые станут весомым вкладом в исследовательскую программу ОИЯИ.

Необходимо подчеркнуть, что участие ОИЯИ в эксперименте NA61/SHINE очень важно, поскольку исследовательская программа этого эксперимента лежит в основном потоке долгосрочной программы в области релятивистской ядерной физики в ОИЯИ. Она дополняет исследования, проводимые на Нуклотроне (ОИЯИ), RHIC (БНЛ), а полученные экспериментальные результаты необходимы для планирования исследований на ускорительном комплексе NICA. Уникальный опыт работы в международной коллаборации позволит ее участникам применить полученные навыки в реализации мегапроекта NICA в ОИЯИ.

Таким образом, участие группы ОИЯИ в анализе экспериментальных данных проекта NA61/SHINE и в новых измерениях на этой установке является плодотворным и следует рекомендовать его продление на следующие 5 лет с первым приоритетом.

Кандидат физ.-мат. наук,
начальник сектора
ЛТФ ОИЯИ

С.Г. Бондаренко

15.03.2024 г.