ОТЗЫВ
на отчёт по Проекту «ALICE» за период 2017-2019 гг. и его продление на 2020-2022 гг. (тема ПТП 1088)

Исследование нового состояния ядерной материи, образующейся в столкновениях тяжелых ионов высоких энергий, является одной из приоритетных задач крупнейших научных мировых центров (BNL,CERN), решающих эту задачу на действующих ускорителях ядер – RHIC, SPS и LHC.

Установка ALICE является многоцелевым детектором для исследования взаимодействий тяжёлых ионов и изучения сильно взаимодействующей ядерной материи, называемой кварк - глюонной плазмой, образующейся в ядро-ядерных столкновениях на LHC. Многие свойства этого состояния, установленные при энергиях SPS и RHIC, подтверждаются результатами, полученными коллаборацией ALICE при значительно-больших энергиях на LHC.

Международная коллаборация ALICE включает более 1800 специалистов из 174 институтов из 42 стран.

Группа ОИЯИ является полноправным участником коллаборации ALICE. Она внесла значительный вклад в разработку дипольного магнита установки, в конструкцию и создание ярма магнита весом 800 тонн, в производство дрейфовых камер для детектора переходного излучения, в поставку и тестирование кристаллов для электромагнитного калориметра, активно участвует в наборе и анализе экспериментальных данных, в подготовке публикаций результатов в научных журналах и представлении этих результатов на конференциях.

За отчётный период основные усилия группы ОИЯИ были сконцентрированы на изучении: фемтоскопических (Бозе-Эйнштейна) корреляций, рождения тяжёлых кварконие в и рождения лёгких векторных мезонов в ультра-периферических Pb-Pb столкновениях. Группа ОИЯИ продолжала участвовать в поддержании и развитии GRID-ALICE технологий в ОИЯИ.

За период 2017–2019 годов группой ОИЯИ в эксперименте ALICA был сделан существенный вклад в получение новых физических результатов мирового уровня:

1. Проделан детальный анализ корреляций нетождественных K^+K^- пар в Pb-Pb столкновениях в рамках модели взаимодействия частиц в конечном состоянии Р.Ледницкого и В.Л.Любошица (ОИЯИ). В анализе использовался разработанным группой ОИЯИ метода идентификации частиц и рассмотрена возможность определения размера источника излучения частиц наряду с методом Бозе-Эйнштейна.
2. Учет массы и ширины резонанса $f_0(980)$ и доли образования φ мезона в кварковой и адронной фазах позволил установить величину радиуса источника и показать, что ее величина близка к полученной ранее для пар тождественных каонов.
3. Установлена зависимость радиусов от множественности событий и поперечного импульса пар для тождественных и нетожденственных частиц.
4. Впервые проведено экспериментальное исследование фемтоскопических корреляций тождественных каонных пар в p-Pb соударениях, представляющих интерес для сравнения с p-p и Pb-Pb данными о размере источника.
5. Установлено, что радиусы источника в p-Pb столкновениях для пар пионов ближе к радиусам в p-p, чем в Pb-Pb соударениях. Этот результат указывает на ослабленное влияние коллективных эффектов в p-Pb взаимодействиях.
6. Полученное в 1-D анализе совпадение радиусов источников для pp и p-Pb столкновениях при одинаковых множественностях событий указывает на важность учета адронных каскадов на стадии взаимодействия адронов в конечном состоянии.

7. Разработана новая термодинамическая модель на основе распределения Цаллиса и применена для описания спектров рождения пионов и кваркониев (J/ψ, Υ) по димюонной моде распада в p-p соударениях в широкой области энергий $\sqrt{s}$=5 - 13 TeV.
8. Исследовано когерентное рождение одиночных векторных J/ψ и ρ^0 мезонов в ультра-периферических Pb-Pb столкновениях с энергией $\sqrt{s_{NN}}$=5.02 TeV на большой статистике. Получены распределения по инварианной массе мюонов и дифференциальные сечения рождения J/ψ и ρ^0 мезонов.

Группа ОИЯИ ответственна за поддержание и развитие системы ALICE-GRID второго уровня (tier 2) в ОИЯИ. Ресурсы и эффективность компьютерного центра ОИЯИ обеспечили лидирующее положение ОИЯИ среди российских компьютерных центров 2-го уровня.

Результаты, полученные группой ОИЯИ в период 2017-2019 гг., опубликованы или готовятся к опубликованию в реферируемых журналах и докладывались на различных международных конференциях.

На период 2020-2022гг. работы в эксперименте ALICA группа ОИЯИ планирует принять участие в следующих пунктах научной программы:

1. Участие в сеансах по набору экспериментальных данных в p-p, p-Pb и Pb-Pb столкновениях.

Исследования фемтоскопических корреляций:

1. Завершить 1-D анализ корреляций для каонных пар в p-Pb и Pb-Pb столкновениях при энергиях $\sqrt{s_{NN}}$ =5.02 и 2.76 TeV с подготовкой и выпуском публикаций.
2. Провести 3-D анализ корреляций каонных пар в p-Pb и Pb-Pb стокновениях при энергиях 5.02 TeV на максимальной статистике 160 млн. и 78 млн. событий, соответственно.
3. Провести сравнение полученных результатов с предсказаниями теоретических моделей: HKM, EPOS, QGSM, DPMJET.
4. Провести 1-D анализ корреляций для тождественных каонных пар в p-p столкновениях при энергии $\sqrt{s}$ =13 TeV с отбором сферичности событий.
5. Проверить указание на отсутствие зависимости R_{inv} от k_T пар для сферичных событий, наблюдаемое в эксперименте ALICE для заряженных пионов.
6. Провести 1-D анализ корреляций для нетождественных K+K- пар в p-Pb столкновениях при энергии $\sqrt{s_{NN}}$ =5.02 TeV.
7. Изучить возможности анализа корреляций пар φ мезонов в p-p взаимодействиях при энергии $\sqrt{s}$=13 TeV на моделированных и реальных событиях.

Исследования кваркониев:

1. Участвовать в поддержании и обновлении программного обеспечения по рождению кваркониев и генератора адронов тяжёлых ароматов с использованием последних результатов экспериментов на LHC и новых теоретических разработок.
2. Участвовать в интерпретации результатов по рождению кваркониев в p-p, Pb-Pb и p-Pb столкновениях.
3. Подготовить версию феноменологической термодинамической модели на основе распределения Цаллиса для описания экспериментальных данных для различных адронов (от пионов до кваркониев), образующихся в p-A и A-A столкновениях.

Исследования ультра-периферических столкновений:

1. Завершить исследование когерентного рождения J/ψ и ρ^0 мезонов в Pb-Pb столкновениях при $\sqrt{s_{NN}}$ =5.02 TeV на максимальной статистике 2015 г. с подготовкой и выпуском публикаций.

2. Провести анализ когерентного и некогерентного фоторождения ρ^0 и некогерентного фоторождения J/ψ на максимальной статистике для Pb-Pb столкновений при энергии $\sqrt{s_{NN}}$=5.02 TeV.
3. Провести анализ событий 4-х-пионных состояний с уточнением параметров резонанса ρ^0(1450).
4. Измерить сечение фоторождения ρ^0 на максимальной статистике для p-Pb столкновений при $\sqrt{s_{NN}}$=5.02 TeV.
5. Участвовать в анализе событий с парным рождением векторных мезонов в двухфотонных взаимодействиях с целью поиска ρ^0+J/ψ состояний.

Поддержка GRID структуры эксперимента ALICE в JINR:

1. Участие в переходе на новое программное обеспечение, замене устаревших вычислительных узлов и систем хранения данных на новые.
2. Участие в реализации проектов по использованию мощностей GRID структуры и в развитии других GRID технологий в ALICE.
3. Поддержка стабильного функционирования локального кластера.

Группа ОИЯИ планирует на всех этапах исследований по указанным направлениям представлять результаты на международных конференциях и участвовать в подготовке публикаций.

В целом, предложенная в проекте физическая программа хорошо обоснована. Она является продолжением исследований, имеющих приоритетный характер, проводимых высококвалифицированными специалистами ОИЯИ, и её успешная реализация не вызывает сомнений. Основная цель – установить свойства сильно-взаимодействующий ядерной материи методом адронной фемтоскопии.

Следует отметить, что участие ОИЯИ в эксперименте ALICE на LHC входит в Семилетнюю программу ОИЯИ на 2017–2023 гг.

Запрошенное авторами проекта финансирование соответствует решаемым задачам.

Предлагаю одобрить отчёт по Проекту «ALICE» за период 2017-2019 гг. Рекомендую принять Проект по участию ОИЯИ в эксперименте ALICE в 2020–2022 годах с первым приоритетом и обеспечить запрашиваемые авторами ресурсы в полном объеме.

Доктор физико-математических наук, /М.В.Токарев/

tokarev@jinr.ru