

Отзыв научного руководителя на диссертационную работу

Светличного Александра Олеговича

«Свойства спектаторной материи в столкновениях релятивистских ядер»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.15 — Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий

В диссертации Александра Олеговича Светличного представлены научные результаты, полученные им во время работы в Лаборатории релятивистской ядерной физики Института ядерных исследований РАН с 2018 по 2023 годы при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 18-02-40035-мега. Ещё до поступления в аспирантуру МФТИ, во время обучения в бакалавриате и магистратуре этого института, практически с самого начала научной работы в ИЯИ РАН, А.О. Светличный заинтересовался физикой и компьютерным моделированием столкновений релятивистских ядер. Довольно быстро стало понятно, что несмотря на использование в экспериментах по изучению столкновений релятивистских ядер на коллайдерах RHIC и LHC передних нейтронных калориметров, предназначенных для регистрации нейтронов-спектаторов, не существует современной модели, описывающей их образование в совокупности со спектаторными протонами и ядерными фрагментами при столь больших энергиях столкновений. Было решено создать такую модель, получившую впоследствии название Abrasion-ablation Monte Carlo for Colliders (AAMCC).

А.О. Светличный стал ключевым разработчиком модели AAMCC, написанной на языке C++, которая позволяет моделировать образование спектаторной материи в столкновениях релятивистских ядер. AAMCC основана на модели abrasion-ablation, однако в отличие от её классической реализации, AAMCC позволяет событийно моделировать методом Монте-Карло образование спектаторов от каждого из сталкивающихся ядер. Этап abrasion в AAMCC реализован с помощью модели GlauberMC, при этом А.О. Светличный усовершенствовал эту модель для использования различных нуклонных конфигураций для моделирования столкновений разных ядер, в частности, ^{16}O с учётом его кластерной структуры. Для вычисления энергии возбуждения А.О. Светличным была предложена и реализована гибридная параметризация энергии возбуждения на основе формулы Эриксона и параметризации коллаборации ALADIN при разных центральностях столкновений. На стадии ablation используется набор статистических моделей развала возбуждённых ядер из библиотеки Geant4, которые были предварительно проверены, скорректированы и отлажены, с представлением результатов на 54th и 55th Geant4 Technical Forum.

С целью описания данных коллаборации ALICE по среднему выходу нуклонов в зависимости от прицельного параметра А.О. Светличным совместно с Р.С. Непейвода была разработана модель предравновесного разделения спектаторного префрагмента с помощью алгоритма MST-кластеризации для использования в AAMCC. Результаты были доложены на конференциях Ломоносов-2021 и NUCLEUS-2021.

Модель ААМСС была также применена для исследования параметров поверхностного нейтронного слоя (neutron skin) ядер ^{208}Pb в их центральных столкновениях на ЛНС. Был предложен новый метод оценки параметров neutron skin на основе измерения сечений образования спектаторных нейтронов и протонов в центральных столкновениях ядер, результаты опубликованы в European Physics Journal A. С помощью ААМСС было исследовано влияние деформации ядра ^{238}U на выходы спектаторных нейтронов в столкновениях ядер ^{238}U с различной начальной ориентацией, результаты были представлены на конференциях Ломоносов-2020, LHCP 2021, NUCLEUS-2021.

А.О. Светличным с помощью модели ААМСС был исследован состав спектаторной материи в Au–Au столкновениях на NICA: вычислены множественности нейтронов и протонов, п/р-отношение в зависимости от прицельного параметра. Результаты доложены на конференции NUCLEUS-2019 и опубликованы в журнале «Bulletin RAS: Physics». А.О. Светличным был предложен способ многопараметрической классификации событий по центральности на основе идентификации спектаторных нуклонов и фрагментов, в частности, по п/р-отношению, множественности свободных нуклонов и количеству заряженных фрагментов, приходящихся на нуклон спектаторной материи. Результаты доложены на «Workshop on analysis techniques for centrality determination and flow measurements at FAIR and NICA» и семинаре SHINE Open Seminars в CERN, опубликованы в журнале Particles.

А.О. Светличный применил модель ААМСС для исследования фрагментации ядер ^{16}O в ядерной фотоэмульсии и столкновений ^{16}O – ^{16}O на ЛНС. Было показано, что состав спектаторной материи в столкновениях ядер кислорода частично определяется внутренней кластерной структурой ^{16}O . Результаты были доложены на конференции EPS-HEP и опубликованы в Proceedings of Science. А.О. Светличный разработал код, позволяющий разыгрывать нуклонные конфигурации ядра ^{16}O с учётом внутриядерной кластеризации. С помощью разработанного кода и модели ААМСС было выполнено моделирование столкновений ядер ^{16}O с фотоэмульсией и оценен вклад внутриядерных кластерных состояний в ^{16}O . Результаты были доложены на конференции NUCLEUS-2022 и опубликованы в журнале Physics of Atomic Nuclei. С помощью настроенной для описания экспериментальных данных о фрагментации ядер-снарядов ^{16}O модели ААМСС выполнено моделирование столкновений ^{16}O – ^{16}O на ЛНС с учётом внутренней кластерной структуры и предсказана большая доля событий без образования нейтронов, влияющая на работу передних нейтронных калориметров эксперимента ALICE. Результаты доложены на конференции ICPPA-2022 и опубликованы в журнале Physics.

Я считаю диссертацию Александра Олеговича Светличного законченным научным трудом. Им разработана новая модель образования спектаторной материи Abrasion-Ablation Monte Carlo for Colliders (ААМСС), которая применима в широком диапазоне начальных энергий столкновений как к экспериментам с фиксированной мишенью, так и на коллайдерах. Состав спектаторной материи исследован в зависимости от центральности столкновения, предложен метод определения центральности по составу спектаторных фрагментов. Показано влияние эффектов ядерной структуры на спектаторные нейтроны и протоны в столкновениях релятивистских ядер, включая влияние поверхностного нейтронного слоя и деформации ядер в центральных столкновениях, а также альфа-кластеризации в лёгких ядрах. В диссертационной работе получен ряд важных научных результатов, которые могут быть использованы как при анализе данных по ядро-ядерным

столкновениям, полученных на уже работающих установках, так и при планировании будущих экспериментов.

В процессе работы над диссертацией А.О. Светличный показал важные для продуктивной научной работы качества. Он способен быстро осваивать сложные вычислительные методы, современные языки программирования, последовательно и методично работать над научными задачами. А.О. Светличный эффективно работает с литературой, имеет широкий научный кругозор. Он проявил себя как успешный руководитель малых научных коллективов и организатор учебно-научной работы. В частности, Александр руководит работой по подготовке сборной МФТИ к турнирам физиков, является научным руководителем нескольких студентов младшего курса в рамках проекта по раннему вовлечению их в науку. Считаю, что представленная к защите диссертация удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор А.О. Светличный безусловно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.15 — Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий.

4 сентября 2023 года

Научный руководитель
ведущий научный сотрудник ИЯИ РАН
доктор физ.-мат. наук

И.А. Пшеничнов

Подпись И.А. Пшеничнова удостоверяю
заместитель директора по научной работе ИЯИ РАН
кандидат физ.-мат. наук

А.Г. Панин