

АРКАДИЙ ТАРАНЕНКО: КАЧЕСТВО НАШИХ ИЗМЕРЕНИЙ СООТВЕТСТВУЕТ МИРОВЫМ

24 октября 2024

Физики из НИЯУ МИФИ являются активными участниками экспериментов на ускорительном комплексе NICA (Nuclotron-based Ion Collider fAcility) в Объединенном Институте Ядерных Исследований, г Дубна. Они уже приняли участие в первом физическом сеансе эксперимента BM@N (Baryonic Matter at Nuclotron) и сейчас активно участвуют в подготовке первых экспериментов на установке MPD (Multi-Purpose Detector), начало которых запланировано на конец 2025 - начало 2026 года. О работе мифистов на коллайдере NICA мы беседуем с доцентом кафедры экспериментальных методов ядерной физики МИФИ, заместителем руководителя коллаборации MPD Аркадием Тараненко.



Строительная площадка эксперимента MPD

- Аркадий Владимирович, расскажите, пожалуйста, про научную группу МИФИ, которая работает на коллайдере NICA.

- Группа была создана в 2015 году - после того, как я начал работать в МИФИ, вернувшись из университета Стони-Брук в Соединенных Штатах Америки. Нами была создана группа по изучению релятивистских ядро-ядерных столкновений, и уже в конце 2015 года мы приехали в Дубну, где начали работать по тематике проекта NICA. Мы сразу выбрали себе тему, которой и занимаемся на протяжении всего этого времени.

- И что это за тема?

- Эта тема — изучение коллективных азимутальных потоков частиц рожденных в столкновениях релятивистских тяжелых ионов и методики их измерения. Коллективные потоки — как раз одно из тех физических явлений, детальное изучение которого привело к открытию кварк-глюонной материи. Ее открыли в результате проведения экспериментов по столкновению ядер золота при энергии 200 ГэВ в системе центра масс на коллайдере RHIC в Брукхейвенской национальной лаборатории, где я работал до этого. Сейчас изучение свойств этой новой формы сильно взаимодействующей материи в столкновениях релятивистских ядер – это, можно сказать, горячий топик для исследований во многих ускорительных лабораториях в мире. Ну и поскольку мы имели большой опыт измерения коллективных потоков частиц в других экспериментах, мы выбрали это направление. По сути дела, группа МИФИ единственная группа в России, которая занимается экспериментальным изучением данного физического явления и продолжает совершенствовать методики измерения. Это позволило нам подготовить физическую программу измерений коллективных потоков в экспериментах на ускорительном комплексе NICA и уже получить первые физические результаты в эксперименте BM@N на Нуклотроне, который прошел в 2022-2023 гг.



Аркадий Тараненко

- На установке BM@N вашей группой уже были получены первые данные?

- Да, наша группа смогла получить первые физические результаты измерения направленного потока протонов в эксперименте BM@N по изучению столкновений столкновениях ксенона на цезие и йоде Xe+Cs(I) при энергии пучка 3.8 АГэВ. Это был первый физический сеанс эксперимента в 2022-2023 гг и ему предшествовало 7 технических сеансов. Современные эксперименты в области

релятивистской ядерной физики очень сложны и готовятся большим коллективом физиков, инженеров, электронщиков, программистов и техников. Сейчас в международной коллаборации BM@N более 200 участников из 13 институтов и университетов. Анализ данных в таких экспериментах тоже сложный процесс. В начале мы потратили более года на детальное моделирование установки эксперимента BM@N используя различные современные генераторы ядро-ядерных столкновений. Проверили на реконструированных модельных данных методики измерения коллективных потоков. Убедились для себя, что точные измерения возможны. Потом наши ребята, аспиранты и сотрудники МИФИ участвовали в сменах на эксперименте BM@N. Наша группа взяла на себя порядка 50 смен по 8 часов – это уже на сеансах с набором данных. Сеанс набора данных продолжался 2 месяца с декабря 2022 по февраль 2023. Потом мы участвовали в калибровке экспериментальных данных. Это и позволило, применив те методы, которые мы разработали, получить первые сигналы направленного потока протонов. Ну а потом нужно было сделать массу презентаций на заседаниях коллаборации, написать ноту по анализу этих данных, и уже потом защитить свои данные перед коллаборацией. Без этой процедуры данные по правилам коллаборации представлены публике быть не могут. Кстати, именно наша группа первая получила в эксперименте BM@N результаты, которые коллаборация одобрила. Впервые данные были показаны на конференции Ядро-2024 аспирантом НИЯУ МИФИ Михаилом Мамаевым в июле 2024 года.

- Можно коротко и популярно объяснить, что ценного в этих результатах?

- Ну, во-первых, эти результаты показывают, что подобные сложные измерения на эксперименте возможны, и те значения, которые мы измерили согласуются с общей зависимостью этих потоков от энергии, которую измерили другие эксперименты. Это говорит о том, что качество наших измерений соответствует мировым. Мы учли все систематики и, поскольку для такой системы столкновений эти потоки никто до нас не изучал, наши результаты, конечно, имеют научную ценность, поскольку мы можем впервые сравнить для этой энергии потоки в разных сталкивающихся системах. То есть мы можем сравнить результаты эксперимента STAR на коллайдере RHIC для столкновений золота на золоте с результатами измерений в столкновениях ксенона на цезие и йоде $\text{Xe}+\text{Cs(I)}$. В 2025 году запланирован уже скан по энергии для данной системы и мы получим ответ на очень важный вопрос как размер системы сталкивающихся ядер влияет на образование коллективных потоков в области максимальной барионной плотности.



Участники научной группы МИФИ - на смене эксперимента BM@N

- Вклад МИФИ скорее относится к сфере математики, обработки данных или тут есть что-то еще?

- Обработка данных - это достаточно сложный процесс, он включает в себя и написание программ, и обучение тому, как устроены различные детекторные подсистемы и как их калибровать, ведь эксперимент достаточно комплексный. Имея реконструированные модельные данные, мы можем реалистично воспроизвести эти сигналы и тем самым доказать – прежде всего, самим себе - что все, что мы сделали, прекрасно работает на стадии моделирования. Уже потом, обработав экспериментальные данные, мы можем судить о том, что мы получили, научиться правильно сравнивать свои данные с результатами других экспериментов и с модельными данными, чтобы понять, какую физику мы можем извлечь из своих измерений. Таким образом, это комплексная программа обработки данных, которая не сводится ни к написанию компьютерных программ, ни к прогонке их, это очень долгий, скрупулезный процесс исследования, который в конце должен вас привести к правильному результату; и еще вы должны доказать, что ваш результат действительно новый, и никто до этого его не делал, и при этом он правильный.

- А какая задача стоит перед новым экспериментом который сейчас готовится в Дубне - MPD?

- При более высоких энергиях, которые были доступные на коллайдере RHIC или на большом адронном коллайдере в ЦЕРНе тоже изучаются столкновения тяжелых ядер – таких, как свинец на свинце или золото на золоте. В таких столкновениях при энергиях более 100 ГэВ на пару нуклонов в системе центра масс, как это было доказано порядка 20 лет назад, может возникать новая форма материи, которая называется кварк-глюонная материя. Это материя, состоящая

из кварков, антикварков и глюонов. Считается, что в такой форме существовала наша Вселенная через несколько микросекунд после Большого взрыва. И, соответственно, когда происходит открытие новой формы материи, очень интересно изучить ее свойства. Путем сравнения с различными моделями, было доказано, что эта форма материи ведет себя, скорее, как идеальная жидкость, то есть у нее очень маленькое отношение сдвиговой вязкости к энтропии. Дальнейшие эксперименты, которые проводятся не только в Дубне, но и в других ускорительных центрах в мире, направлены на изучение свойств этой новой формы материи. В Дубне мы собираемся изучать эту форму материи в области больших барионных плотностей. То есть, когда у нас температуры не такие высокие, как в ранней Вселенной, но подобные температуры и плотности могут существовать, например, при столкновении нейтронных звезд, которые были открыты в 2017 году. Хотя значения плотности и температуры схожи, масштабы пространства и времени, различны: километр для слияния нейтронных звезд и фемтометр (10^{-15} метра) в случае столкновения тяжелых ионов. Аналогично, длительности событий столкновения отличаются на 20 порядков. Временные диапазоны в столкновениях релятивистских ядер порядка десятка фемтометров. То есть это очень короткие времена. Для измерения таких временных диапазонов нельзя построить никакой прибор, который будет их измерять. Но, тем не менее, температуры и плотности барионов в наших моделях получаются очень схожими с теми, что происходят в звездах, поэтому изучение кварк-глюонной материи поможет в том числе и в решении проблем астрофизики. И мы надеемся, что возможно у кварк-глюонной материи есть другие фазовые переходы. Как у воды есть разные фазовые переходы и есть критическая точка, так и здесь возможно существование перехода первого рода, который будет совсем другим, то есть не таким, какой наблюдался при более высоких энергиях. Это и задает направленность эксперимента.



- А сейчас, пока этот ускоритель еще не достроен и эксперимент еще не начат, группа МИФИ в отношении MPD чем занята?

- В MPD, как и у любой участвующей в эксперименте группы, у нас есть, прежде всего, сервисные работы. Например, аспиранты МИФИ участвовали в течении нескольких месяцев в тестировании модулей электромагнитного калориметра. Вообще, каждая группа обязана участвовать в сервисных работах, выделяя для этого свои людские ресурсы. Также сейчас ребята будут участвовать в сменах по охлаждению сверхпроводящего магнита установки MPD, которые начнутся через 2–3 недели. И потом будем участвовать в сборке детекторов, когда поле магнита будет измерено и все убедятся в том, что качество того магнита, который заказали в Италии за 20 миллионов евро, соответствует паспортным данным. Ну а после этого можно будет уже весь этот коллайдерный эксперимент собирать. А до этого ребята занимаются моделированием, в том числе проверкой тех методов, которые они разработали на существующих данных эксперимента BM@N.

- Можно ли сказать, что благодаря участию в этих проектах МИФИ приобрел уникальные компетенции?

Безусловно, поскольку группа МИФИ является одной из самых активных в этом проекте и участвует в нем с 2015 года. Мы подготовили большое количество молодых сотрудников, которые уже защитили свои дипломы и востребованы, поскольку для работы на этом эксперименте необходим коллектив порядка тысячи человек. Подготовить физиков для такого проекта - это тоже задача МИФИ. И данное направление релятивистской ядерной физики существуют сейчас только в МГУ, в МИФИ и в Петербургском университете.

Беседовал Константин Фрумкин, пресс-служба МИФИ

Источник: официальный сайт НИЯУ МИФИ, 24 октября 2024 года

<https://mephi.ru/press/news/23595>