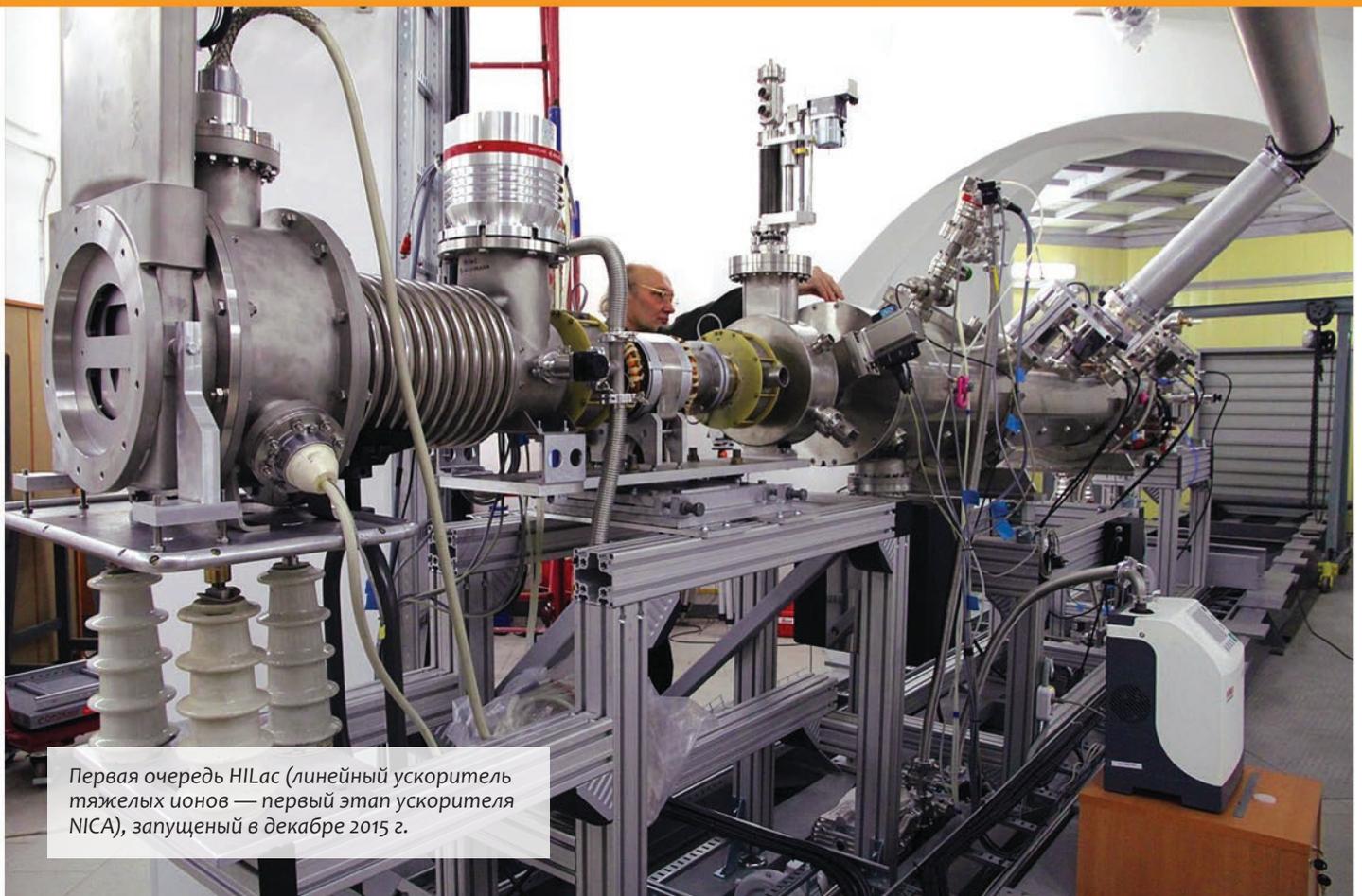




Чистая технологическая линия в ЛФВЭ ОИ-ЯИ для сборки высокоточных кремниевых трековых детекторов для установок MPD/NICA и CBM/FAIR, созданная совместными усилиями ОИЯИ и GSI (Германия)

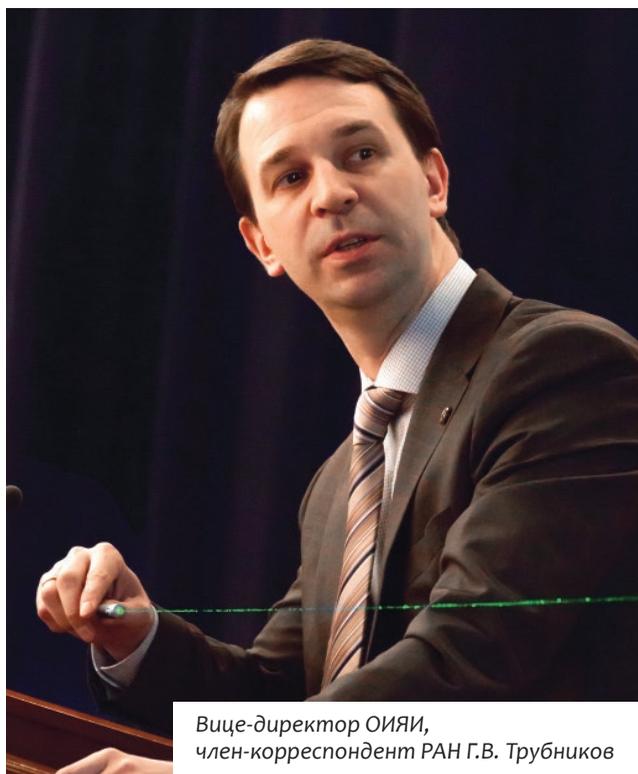


Первая очередь НИЛас (линейный ускоритель тяжелых ионов — первый этап ускорителя NICA), запущенный в декабре 2015 г.

Три кварка, три кварка, **три кварка!!!**

25

марта в Дубне произойдет важнейшее для современной научной России событие — будет торжественно заложен первый камень в строительство давно задуманного и сравнительно недавно официально поддержанного государством нового сверхпроводящего коллайдера (ускорителя на встречных пучках), названного именем богини победы — NICA. На самом деле это красивое и символичное название представляет собой аббревиатуру, образованную от *Nuclotron-Based Ion Collider Facility*. Ожидаемая победа здесь заключается в том, что с помощью NICA физики наконец-то надеются увидеть кварки и глюоны в свободном состоянии. До сих пор это не удавалось сделать никому.



Вице-директор ОИЯИ,
член-корреспондент РАН Г.В. Трубников

Кварки — субчастицы с дробным электрическим зарядом — были теоретически предсказаны в 1964 г. американским физиком и нобелевским лауреатом Мюрреем Геллманом. По современным теоретическим представлениям, в свободном состоянии они существовали лишь в первые микросекунды после Большого взрыва, а потом собрались в тройки и склеились в уже известные нам частицы типа протонов или нейтронов — такое явление называется «кварковый конфайнмент». Любопытно, что имя для своих субчастиц Геллман позаимствовал из романа Джеймса Джойса «Поминки по Финнегану». В одном из эпизодов над героем романа летают чайки и выкрикивают странную фразу: «Три кварка для мистера Марка! Три кварка, три кварка, три кварка!!!» Геллман получил свою Нобелевскую премию за то, что он удивительным образом сумел вставить выдуманные Джойсом кварки в основание стройной системы вполне реального мира. Считается, кстати, что нейтронные звезды как раз образованы из кварк-глюонной материи — необычайно плотной ядерной материи, переходящей в кварк-глюонную плазму при экстремальных плотностях и температурах.

Лет тридцать назад считалось очевидным, что превратить ядерную материю в первобытную



Г.В. Трубников, ???, А.С. Водопьянов

кварк-глюонную «кашу» возможно лишь при соударении частиц, несущихся навстречу друг другу с максимально возможной энергией. Уверенность в этом была столь велика, что в Брукхейвенской национальной лаборатории (США) для получения кварк-глюонной материи был построен уникальный коллайдер *RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider)* стоимостью \$0,75 млрд, где сталкиваются тяжелые ионы с энергией около 200 млрд эВ на нуклон. Однако к тому времени выяснилось, что при ловле кварков с большими энергиями надо быть осторожнее: на слишком высоких скоростях ионы пролетают друг мимо друга, не успев вступить во взаимодействие между собой. В середине нулевых теоретики Дубны рассчитали наиболее выгодную энергию столкновения, она оказалась значительно ниже брукхейвенской, и наиболее интересный диапазон энергий ожидается в районе нескольких (точнее, 4–11) гигаэлектронвольт (гэВ) на нуклон.

В результате ускорительные центры, работающие сейчас в области исследования горячей и плотной ядерной материи, ставят себе задачу искать фазовые переходы в ядерной материи именно в этой области энергии. В Брукхейвене срочно перестраивают коллайдер на более низкие энергии, а переделывать, как известно, всегда сложнее, чем делать заново. По словам вице-директора ОИЯИ члена-корреспондента РАН Г.В. Трубникова, перестройку своего коллайдера американцы предполагают закончить к 2020 г. Им придется коренным образом модернизировать многие системы коллайдера, в первую очередь детектор, установленный в точке столкновения пучков.

Дубненский коллайдер *NICA* с самого начала был рассчитан как раз на те энергии, о которых мечтают теоретики. Это будет огромная установка, работающая на встречных пучках тяжелых ионов. Как и Большой адронный коллайдер в *CERN*, это будет кольцо, правда поменьше, с периметром чуть больше 500 м. Рыть тоннели и копать шахты для него не требуется, поскольку проект разработан на базе уже существующего в Дубне нуклотрона, который будет готовить пучки для кол-

Когда *NICA* начнет работу, о существовании кварков в свободном виде ученые узнают по аномалиям, которых природа обычно не допускает

лайдера. Тем не менее коллайдер и два огромных детектора со сверхпроводящими системами нужно будет сооружать в новом комплексе зданий (общая площадь — около 30 тыс. м²), который уже начали строить на площадке ОИЯИ. Все здания, сооружения и новые экспериментальные установки планируется создать к 2020 г. Главная уникальная особенность *NICA* — высокая плотность ядер золота, участвующих в столкновениях. Каждую секунду через квадратный сантиметр будут пролетать сгустки, содержащие в целом 10^{27} частиц, а в каждом сгустке будет не менее 2 млрд ядер золота. Машин с такими характеристиками нигде в мире еще никто не создавал, параметры коллайдера абсолютно беспрецедентны.

Когда новый коллайдер будет запущен, собственно свободных кварков он, конечно, не разглядит. Его детектор узнает об их существовании в свободном виде по аномалиям, которых природа обычно не допускает, — например, наблюдая зарядовую асимметрию или необычные пики в спектре вылетающих частиц. Время ядерной реакции очень мало — фемтосекунды, и дистанции (или области взаимодействия) тоже необычайно микроскопичны — фемтометры (10^{-15} м). Однако в этой области сосредотачивается колоссальное количество нуклонов (протонов и нейтронов из ядер золота) — до нескольких миллиардов. Образуется необычайно плотная среда при высокой температуре, которая и может давать возможность кваркам высвободиться на мгновения. Сталкивающиеся ионы зо-

лота при высоких температурах и экстремальных плотностях ядерного вещества будут рождают целые ливни продуктов ядерной реакции — фотоны, электроны и позитроны, заряженные и нейтральные мезоны, барионы и много чего другого. Нарушение симметрии, например различное число рождающихся положительно и отрицательно заряженных k -мезонов, может указывать на фазовые переходы в ядерной материи и деконфайнмент. Странное поведение и плато (или пики) в энергетическом спектре каонов могут говорить о том, что образовалась смешанная фаза — состояние, когда ядерная материя существует одновременно с кварк-глюонной. Очень хорошая аналогия тут может быть приведена с фазовыми переходами воды: нагрев воду до 100°C при одной атмосфере можно наблюдать в пробирке одновременно и жидкость, и пар, и пузырьки газа в жидкости (смешанную фазу). А если нагреть колбу с водой до нескольких сотен градусов при очень высоких давлениях, жидкость в колбе становится непрозрачной и в конечном итоге взрывообразно испаряется сквозь стенки колбы.

— Важно, что это не только российский, а международный мегапроект, — подчеркивает Григорий Владимирович Трубников. — Над его осуществлением работают много стран-участниц, многие из которых вкладывают в него не только научные возможности, но и свои ресурсы. Особо хочу выделить участие в проекте Германии и Китая. Мы ожидаем, что к концу 2019 г. будет закончено сооружение всех инженерных систем коллайдера и всего основного оборудования — сверхпроводящих магнитов, детектора и т.д.



Подписание контракта с компанией ASG superconducting (Италия) о создании большого сверхпроводящего соленоидального магнита для детектора MPD. Слева направо: В.Д. Кекелидзе, В.А. Матвеев, А. Пеллекия (ASG), П. Фре (н/атташе посольства Италии в Москве), Л. Джори (CEO ASG), Г.В. Трубников, А.С. Водопьянов

Особенно Г.В. Трубников отмечает сотрудничество с германским центром ядерной физике в Дармштадте, где строятся ускоритель и экспериментальная установка, имеющие ту же физическую задачу, что и NICA. Но эксперимент будет поставлен в несколько другом формате. Вместо сталкивающихся, как в коллайдере NICA, частиц в проекте FAIR выбрали схему, когда интенсивным пучком ускоренных тяжелых ионов бомбардируют плотную мишень, установленную в сложнейшем и огромном детекторе. «Это тоже уникальная установка, — говорит Г.В. Трубников, — однако у каждого эксперимента есть свои плюсы и минусы. В случае FAIR будет достигнута огромная светимость эксперимента, однако ожидается большое количество фоновых (бесполезных) событий, которые нужно очень быстро отсеивать, анализируя «на лету». Это очень нетривиальная задача. В любом случае мы работаем вместе с ними и помогаем друг другу технологиями и интеллектуальными разработками. Фактически сейчас мы говорим о том, что ОИЯИ вместе с Германией и странами-партнерами FAIR создает общую Европейскую научно-исследовательскую инфраструктуру для проведения уникальных исследований в области ядерной физики. Это как бы два больших плеча одного эксперимента — в Дубне и в Дармштадте. Мы не конкуренты, мы равноправные партнеры и заинтересованы, конечно, в успехе обеих установок, поскольку фундаментальные результаты, обнаруженные на одной установке, должны быть подтверждены на другой».

Подготовил Владимир Покровский