

На 20-м совещании коллаборации RDMS CMS

Чем ближе плановая двухлетняя остановка Большого адронного коллайдера, намеченная на начало будущего года, тем чаще физики задаются вопросом: «Что дальше?»...

После долгожданного открытия бозона Хиггса самым ярким событием, на которое ждут и теоретики, и экспериментаторы, должно было бы стать обнаружение следов так называемой новой физики, или физики «за пределами Стандартной модели» (СМ), которая могла бы дать объяснение многим явлениям, в том числе существованию темной энергии и темной материи. Известно, что результатом предстоящего апгрейда – второго и последнего на нынешнем этапе, названном «Фаза 1», – станет повышенная вдвое (до 300 обратных фемтобарн) светимость и доведенная до проектного значения 14 ТэВ энергия столкновений пучков протонов. Еще три года ускоритель проработает на обновленной машине, а затем вновь остановится для перехода в 2026 году в «Фазу 2», которая означает работу в режиме высокой светимости (High Luminosity, HL-LHC).

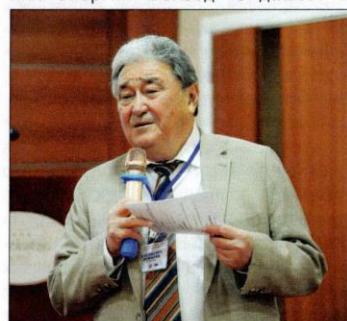
Что дадут эти усовершенствования? На чем необходимо сконцентрироваться ученым, пока коллайдер остановлен? Каковы варианты дальнейшего развития физики частиц? Эти и другие вопросы обсуждались недавно в Ташкенте на очредном, двадцатом по счету совещании коллаборации RDMS CMS.

Частицы, плов, частицы...

Сентябрьский Ташкент – это яркое солнце, умеренная жара, изобилие янтарного винограда и знаменитых узбекских дынь. Плюс плов! Уже только этот набор природно-гастрономических факторов говорил бы о целесообразности организации крупного международного совещания в столице Узбекистана. Однако у физиков нашлись и другие, более веские основания для того, чтобы провести юбилейную встречу в Ташкенте.

Одним из активных участников коллаборации RDMS (Russia and Dubna Member States) с середины 1990-х является Институт ядерной физики Академии наук Узбекистана – крупнейший национальный научный центр, в котором ведутся исследования в области радиационного материаловедения, тести-

руются различные детекторы, в том числе расположенные на установке CMS (Compact Muon Solenoid) Большого адронного коллайдера. Возглавляет институт академик, специалист в области физики высоких энергий Бехзод Юлдашев. В



2017 году он во второй раз стал президентом Академии наук Узбекистана. По инициативе и приглашению Б. Юлдашева представители ЦЕРН, ОИЯИ, ряда институтов России, Европы и США собрались на совещание, проходившее в двух узбекских городах – Ташкенте и Самарканде.

Открывая совещание, руководитель RDMS Игорь Голутвин напомнил об основных «зонах ответственности» коллаборации и тех узлах CMS (это один из двух главных детекторов Большого адронного коллайдера), над изготовлением которых непосредственно трудились ее участники. В первую очередь это элементы торцевой системы детектора – адронные калориметры и передние мюонные станции.

Во многих выступлениях представителей ЦЕРН звучали слова о том, что все сегодняшние громкие научные результаты и единственное пока открытие – бозон Хиггса, совершенное на Большом адронном коллайдере, получены на том самом оборудовании, определяющую роль в создании которого сыграла RDMS.

Программа конференции предполагала обсуждение новых физических результатов, полученных на LHC, а также формирование задач на ближайшую перспективу. Отдельным блоком стояли вопросы модернизации ускорителя и развития будущей ускорительной техники. Соответствующие доклады представили нынешние и прежние руководители эксперимента CMS в ЦЕРН, а также участники коллаборации RDMS CMS.



Тематика последующих дискуссий была задана в одном из первых докладов, который сделал на конференции в Ташкенте Гвидо Тонелли – руководитель коллаборации CMS в 2010–2011 годах, а ныне профессор общей физики в Университете Пизы (Италия) и приглашенный ученый в ЦЕРН.

Говоря о нынешнем этапе, который переживает физика частиц, итальянский ученый сравнил его с безбрежным океаном неизвестного. «Обнаружение бозона Хиггса открыло новую эру в физике. Однако извилистая дорога познания, по которой мы двигались в предыдущие годы, добиваясь грандиозных результатов с помощью все более совершенных машин для открытых, вновь привела нас к тем пионерским временам, когда мы не могли предвидеть, что встретим впереди. Сегодня мы не знаем, когда и с помощью какой машины удастся открыть новые тайны микромира. Более того, нам неизвестно, в каком направлении стоит двигаться, чтобы достичь успеха, – признался Г. Тонелли.



Ученый подчеркнул, что существуют две взаимосвязанные стратегии поиска физики за пределами Стандартной модели. Одна предполагает достижение максимально возможной энергии столкновений пучков протонов, вторая – повышение светимости, а значит, точности измерений ключевых физических параметров. Какую стратегию выбрать, предстоит решить физикам.

(Окончание на 10–11-й стр.)

(Окончание. Начало на 9-й стр.)

Запоминающимся событием на конференции стала презентация изданной на русском языке книги «Открытие бозона Хиггса на Большом адронном коллайдере» директора по научным исследованиям Национального института ядерной физики (Римское отделение) Алеандро Нисати и Гвидо Тонелли.

По дороге в Самарканд

В один из дней конференции ее участникам предлагалось переместиться в Самаркандский государственный университет, где физики ЦЕРН прочли студентам публичные лекции, рассказали о возможностях участия в международных научных проектах.

Удалось выкроить время и для культурной программы. Площадь Регистан, мавзолей Амира Тимура, обсерватория Улугбека – как не полюбоваться известными на весь мир объектами исторического наследия Узбекистана!

Ну, а по дороге на скоростном поезде в Самарканд и обратно – самое время расспросить ученых о текущих делах, попросить поделиться мыслями о будущем.



Заведующий отделом экспериментальной физики высоких энергий и ядерной физики МГУ имени М. В. Ломоносова профессор Эдуард Бос занимается физикой топ-кварка. Его доклад на конференции был посвящен недавним результатам, полученным в этой области на CMS и в рамках других международных экспериментов. Что же удалось выяснить об этой частице?

– Основу наших представлений о мире составляет Стандартная модель, в ней шесть кварков, все они открыты. Последний из открытых – топ-кварк, самая тяжелая из всех до сих пор известных элементарных частиц. Масса топ-кварка ненамного меньше массы ядра золота, но в отличие от него топ-кварк ведет себя как объект, не имеющий внутренней структуры. И это одна из зага-

док, – отметил ученый. – На CMS в последнее время был проведен целый ряд уникальных измерений, связанных, в частности, с поиском аномальных взаимодействий топ-кварка, которые могли бы свидетельствовать о том, что-то есть у него внутри. Мы надеялись, что это «что-то» обнаружится, – по аналогии с протоном и нейтроном, которые, как выяснилось еще до открытия кварковой структуры, не являются элементарными частицами, поскольку у них были обнаружены аномальные магнитные моменты. Такие аномальные моменты ищутся и здесь, но пока ничего не находится...

Может быть, не хватает той самой светимости, которую планируется увеличить вдвое после ближайшего апгрейда коллайдера? По мнению Э. Босса, работа LHC на высокой светимости позволит набрать существенно большее количество данных и значительно уменьшить ошибки измерения. Тем самым либо еще жестче будет ограничена возможность проявления нестандартных взаимодействий топ-кварка, либо обнаружатся какие-то отклонения, которые, кстати, предсказываются многими теоретическими моделями.

Член-корреспондент РАН, профессор кафедры физики элементарных частиц МФТИ Михаил Высоцкий отмечает, что в течение последних 40-50 лет в физике доминировала теория. Была создана Стандартная модель, и экспериментаторы ее шаг за шагом подтверждали, находя открытые на кончике пера частицы. Но сегодня теоретики говорят о том, что СМ себя исчерпала. Поэтому роли изменились, и теперь эксперимент должен взять на себя роль локомотива и «тащить вперед теорию».

– Когда эксперименты на LHC только планировались, все верили, что будет найдена новая физика. Но в результате бозон Хиггса открыли, а никакой новой физики нет. И это плохо, – признает ученый.

Чем же теоретиков не устраивает физика обычная, в рамках СМ?

– У Стандартной модели, – объясняет М. Высоцкий, – есть «внутренние сложности», например, очень много параметров, их больше 30. Гораздо лучше, по мнению ученого, иметь фундаментальную теорию с 1-2 параметрами, из которых бы вытекало все остальное. Новая физика, возможно, дала бы продвижение в эту сторону. Но для обнаружения ее следов, видимо, потребуется переходить на большую энергию, чем проектные 14 ТэВ, на которые был рассчитан LHC.

Директор Лаборатории теоретической физики ОИЯИ член-корреспондент РАН Дмитрий Казаков в своем докладе также коснулся главной физической «интриги» и объяснил, что именно заставляет ученых думать, что физика вне Стандартной модели существует. Среди основных указаний на нее – неспособность в рамках СМ описать темную материю, асимметрию Вселенной, дополнительные измерения пространства. Достичь прогресса в постижении этих тайн можно, по мнению Д. Казакова, путем увеличения энергии ускорителей, повышения точности измерений и объединения усилий с космологами и астрофизиками.

Реализация этих планов впереди, а сейчас в ЦЕРН ведется подготовка к предстоящей модернизации, в частности, апгрейду торцевого калориметра. О текущей ситуации рассказал сотрудник Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ, кандидат физико-математических наук Илья Горбунов, который непосредственно участвует в ведущихся работах:

– Торцевой калориметр – это прибор, который используется для измерения энергии и массы частиц. Он состоит из двух частей: одна регистрирует энергию частиц электромагнитного взаимодействия, а вторая – адронный калориметр, который нужен для анализа сильно-взаимодействующих частиц (протоны, адроны). После модернизации LHC будет значительно увеличена интенсивность столкновения пучков. Это несет в себе как плюсы (быстрее набирается статистика), так и минусы (возрастет число одномоментного происходящих столкновений). Рабочаться в значительно возросшем скоплении частиц – непростая задача: потребуется восстановить определенные физические события, проследить траектории движения частиц после столкновения разных пар протонов. Второй минус – большие радиационные нагрузки на детекторы, которые выходят из строя из-за больших радиационных фонов.

Чем ответить микромиру?

Представитель Ферミлаб (США) Джоэль Батлер, до сентября этого



В зеркале прессы

года занимавший пост руководителя эксперимента CMS, рассказал о том, чего можно ожидать в эпоху «LHC высокой светимости», которая начнется, предположительно, в 2026 году. По словам ученого, проект HL-LHC позволит более детально изучить структуру микромира и существенно увеличить объем знаний (пока он составляет менее 5 процентов), которыми мы обладаем сегодня.

Руководитель группы разработки будущих коллайдеров Франк Циммерман предложил заглянуть в более отдаленное будущее и представил проект Future Circle Collider, FCC, существующий пока только на бумаге. Речь идет о новом кольцевом ускорителе, который можно было бы построить в Женеве. Параметры новой машины впечатляют: беспрецедентная энергия 100 ТэВ (против нынешних 13, серьезное увеличение длины кольца (100 км против 27) и использование более сильных магнитов, созданных по новейшим технологиям. Существует также идея еще одного усовершенствования LHC и увеличения его энергии вдвое с помощью более мощных и совершенных магнитов (проект назван HE-LHC).

Все эти предложения имеют право на существование и обсуждаются физиками не первый год. И хотя одни (проект HL-LHC) уже четко закреплены в планах развития ЦЕРН, а другие рассматриваются лишь как вероятные сценарии, ученыe не перестают дискутировать.

— По всем экономико-финансовым соображениям ЦЕРН необходимо вкладываться в LHC, поддерживать HL-LHC. Но ведь увеличение светимости даст только улучшение точности измерений, — объясняет Анатолий Зарубин. — А вот если поднимем энергию, то появится шанс открыть что-то новое, причем в том же самом кольце. Проблема одна: нет соответствующих компактных магнитов, то есть мы пока не готовы к этому технически. Но сейчас уже ведутся исследования R&D в этом направлении, магниты на 16 Тесла уже создаются, так что надо не упустить время и успеть стартовать с проектом по увеличению энергии, пока еще мы не растеряли поколение специалистов, которые умеют строить ускорители.

Четкую точку зрения по этому вопросу имеет руководитель RDMS CMS Игорь Голутвин.

— Очень важно определиться с программой будущих исследований на LHC. Сейчас в качестве основного в ЦЕРН выбран проект уско-

рителя с увеличенной на порядок светимостью, что, в принципе, создает большие проблемы экспериментаторам, потому что им придется работать в области больших интенсивностей пучков, более серьезной радиационной нагрузки на детекторы, худших фоновых усло-



вий. Нам надо четко понимать, что мы выиграем, решив эти проблемы. Сейчас проводится большая модернизация CMS, и, на мой взгляд, необходимо составить перечень возможных открытий, которые можно сделать на этом ускорителе и на этой модернизированной установке, чтобы сосредоточиться на их реализации. Путь «мы сейчас сделаем все, что умеем, а потом посмотрим, что получится», — неверный. Надо сначала понять, что мы хотим получить, а потом двигаться в нужном направлении. Собственно, основных направлений два. Первое: обнаружить отклонения от Стандартной модели, выйти за пределы обычной физики, найти физику новую. Второе: продолжить исследования бозона Хиггса, измерить константы его связей с другими известными компонентами СМ, и есть надежда, что за пределы Стандартной модели мы сможем выйти с помощью Хиггса. Эти направления и надо развивать. Я был бы счастлив, если бы новое поколение физиков и CMS, и RDMS, которое эти задачи будет решать, стало не менее успешным, чем наше, которое служило и продолжает служить науке.

Директор ОИЯИ академик Виктор Матвеев полагает, что переход плановых экспериментов CMS в

новую фазу создает новые условия: «Сейчас и CMS, и RDMS ищут себя вновь. Нет идеальных конечных наработок, которые бы формировались вместе с нами. Поэтому сегодня стоит очень непростая миссия: найти взаимный интерес между институтами RDMS и коллаборацией в целом».

Одной из объединяющих задач, по мнению начальника научно-экспериментального отдела физики тяжелых ионов ЛФВЭ ОИЯИ Александра Малахова, могло бы стать участие RDMS в создании сцинтиляторных модулей для кремниевых умножителей, которые позволят сократить негативное влияние радиационных повреждений на характеристики установки. Электромагнитный и часть адронного калориметра будут объединены и построены на один и тех же кремниевых детекторах очень малых размеров. Выполнить эти работы коллаборации вполне по силам, учитывая большой опыт специалистов ОИЯИ и других институтов в решении подобных задач, а также наличие непосредственно в Дубне необходимого оборудования.

Содержательные доклады об участии членов коллегии RDMS в предстоящей модернизации LHC прозвучали в последний день работы конференции. Представители ОИЯИ рассказали, например, о возможных способах снижения радиационной нагрузки на детекторы создающегося торцевого калориметра высокой гранулярности, путем решения других актуальных задач. Эти конкретные предложения заинтересовали руководство эксперимента CMS, в частности, присутствовавшего на форуме в Ташкенте нового спиксмена коллегии CMS Роберто Карлина, который будет возглавлять ее в ближайшие два года.

Конференция завершилась словами благодарности в адрес принимающей стороны форума. Все без исключения участники были впечатлены прекрасной организацией и радушным приемом, который они встретили в Узбекистане.

Кстати, многие поднятые на совещании в Ташкенте темы будут обсуждаться осенью 2019 года на Европейской конференции по физике элементарных частиц, итогом которой должно стать утверждение новой Европейской стратегии в области физики высоких энергий.

**Светлана БЕЛЯЕВА,
фото Николая СТЕПАНЕНКОВА,
газета «Поиск», № 42, 2018**

