



В поисках элементарности

ISSN 0028-1263

# НАУКА И ЖИЗНЬ

8

2010

- Академик В. А. Матвеев: Искать ответы на вопросы самого феноменального свойства – в природе людей
- Экстремальные состояния вещества – из-под «пера» фемтосекундного лазера ● И кого только нет на свете! Вот и квагги снова есть ● Всё познать, всё уметь, но разучиться видеть? – Фантастика... ● Граждане, не кричите на компьютер – учите матчасть!



# ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ. ОТ

Представление о том, что мир устроен из отдельных «кирпичиков», существует давно. И основывалось оно всегда на том, что, во-первых, эти «кирпичики» неделимы, а, во-вторых, число «кирпичиков» разных типов невелико. Долгое время роль «кирпичиков» играли атомы. Но в начале XX века учёные поняли: атомы состоят из других, более элементарных частиц. К 1932 году было установлено, что в ядрах атомов находятся положительно заряженные протоны и не имеющие заряда нейтроны и что заряд протонов в нейтральных атомах уравновешивают отрицательно заряженные лёгкие электроны. Казалось бы, картина мира приобрела вполне законченный вид.

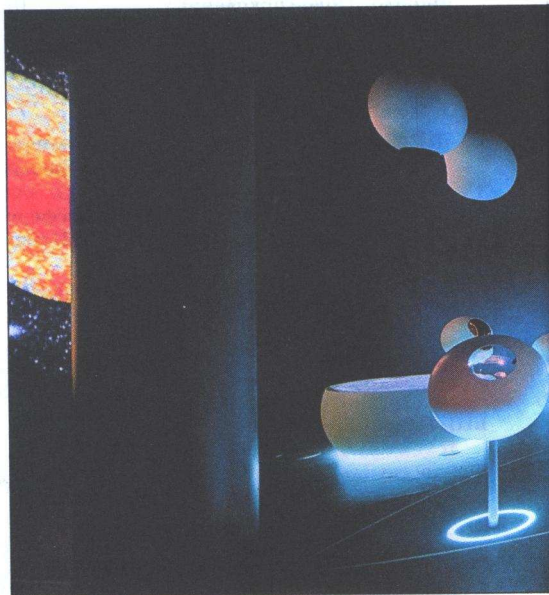
Однако в 1932 году открывают позитрон, представляющий собой «антиэлектрон». Затем появляются неуловимые нейтрино, загадочные мезоны, бозоны... А в 1960-е годы становится очевидно: протоны и нейтроны тоже не элементарны! Они состоят из кварков, которые не то что увидеть – вообразить сложно.

Какой же представляется картина мира сквозь призму физики элементарных частиц сейчас? Об этом рассказывает академик Виктор Анатольевич МАТВЕЕВ, директор Института ядерных исследований РАН.

Беседу ведут Елена Лозовская и Наталья Домрина.



Фото Натальи Домриной.



— Виктор Анатольевич, давайте начнём с истории. В 1944 году, когда было известно всего семь элементарных частиц, Виталий Лазаревич Гинзбург писал в журнале «Наука и жизнь»: «Физики начинают даже поговаривать о чрезмерном избытии элементарных частиц, — уж слишком много их стало». В последующие годы открытия в этой области следовали одно за другим. Так не слишком ли много элементарных «кирпичиков», из которых построен наш мир?

— В сороковые годы XX века и в начале пятидесятих годов, когда усилия многих физиков были направлены на создание атомного оружия, бурно развивалась экспериментальная техника для исследований ядерных взаимодействий. Благодаря этому были открыты десятки нестабильных частиц, так называемых резонансов. Возникла задача найти во всём этом множестве какой-то порядок, установить иерархию. Требовалось создать нечто наподобие таблицы Менделеева для химических элементов, но уже для мира элементарных частиц. На этом пути стала выкристаллизовываться идея, что на самом деле есть более фундаментальные составляющие, в меньшем количестве, и что именно их особенности, их свойства определяют появление и свойства того множества частиц, которые мы называли элементарными, но уже не элементарных. И теперь физики уже твёрдо стоят на том, что самыми

Академик В. А. Матвеев.

# ЭЛЕКТРОНА ДО БОЗОНА ХИГГСА

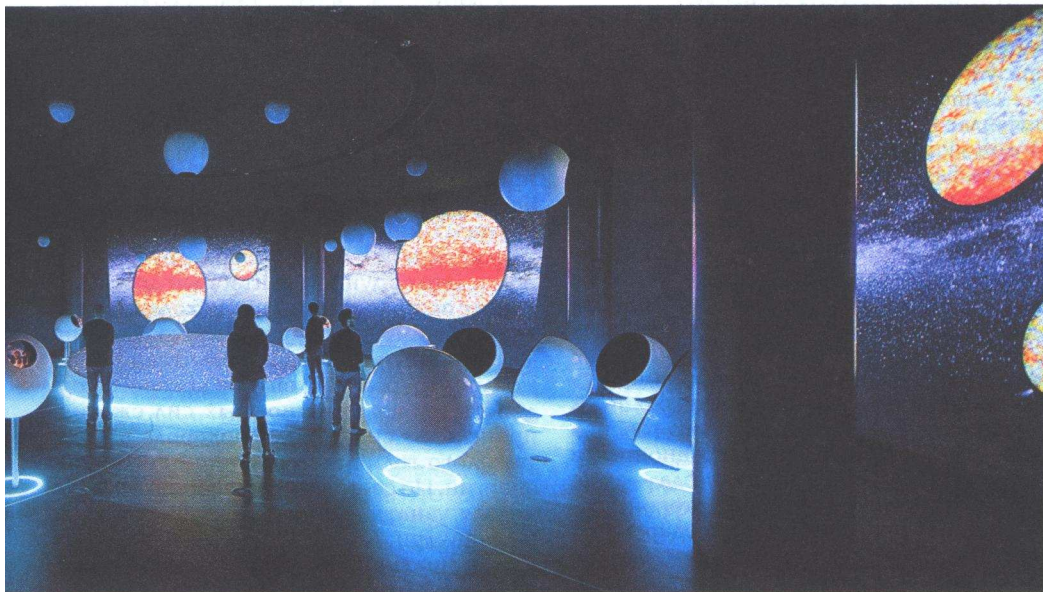


Фото: Michael Jungblut, CERN.

фундаментальными известными нам частицами являются кварки (именно из них построены протоны и нейтроны) и лептоны (к ним относится, например, электрон).

При этом кварки — весьма необычные частицы. Как и электрон, они обладают полудельным значением собственного углового момента (спина). Однако электрические заряды кварков, в отличие от заряда электрона, — дробные величины, пропорциональные одной трети заряда электрона.

Каждый кварк существует в трёх разновидностях, которые физики стали условно различать цветом. Самого цвета нет, этим термином названо дополнительное квантовое число, три значения которого различают разновидности кварков. Цвет кварка соответствует обобщённому заряду сильных ядерных взаимодействий, который является уже не числом, как известный нам электрический заряд, а вектором в восьмимерном пространстве.

— **А почему восьмимерном?**

— В отличие от взаимодействия электрона с электромагнитным полем, в каждом акте взаимодействия кварка с полем ядерных сил, в общем случае, меняется его цвет. И потому ядерный заряд кварка — это уже не одно число, а, выражаясь математическим языком, матрица размером  $3 \times 3$ , у которой ровно девять независимых элементов. Один из них соответствует электрическому заряду, а остальные восемь — цветовому ядерному заряду кварков. И каждый из этих восьми цветовых зарядов характеризует связь или взаимодействие

*«Вселенная частиц» — так называется экспозиция, открывшаяся 1 июля 2010 года в Женеве, в ЦЕРНе. Её цель — познакомить всех желающих с элементарными «кирпичиками», из которых состоит наш мир и для изучения которых нужны огромные научные установки, такие как Большой адронный коллайдер.*

кварка с одним из восьми различных квантов уже не электромагнитного поля, как в случае электрона, а цветового хромодинамического поля, то есть с глюонами. Глюоны, в переводе с английского — частицы клея, действительно как бы склеивают кварки внутри протона, нейтрона и других сильновзаимодействующих частиц, или адронов.

Благодаря этому кварки как бы навечно заключены внутри адронов, не имея возможности вырваться из своей тюрьмы наружу. Поэтому сами по себе кварки в свободном состоянии не наблюдаются.

Точно так же, как нейтральные атомы химических элементов, составленные из кварков адроны нейтральны по отношению к цветовому заряду, или, как говорят физики, бесцветны. Отличие в том, что, приложив к электрону в атоме достаточную энергию, его можно вырвать из атома, получив в результате ионизованный атом. В случае адронов подобное невозможно. Важно то, что у кварков цвет есть, а у состоящих из них протонов и нейтронов

● ТРИБУНА УЧЁНОГО

— цвета нет. Кварк в изолированном состоянии практически не наблюдаем. Он обязательно найдёт себе компоненту дополнительного цвета, чтобы создать нейтральную систему по цвету.

— Среди элементарных частиц есть одна весьма загадочная — нейтрино. Физики не сразу поняли её значение?

— Гипотеза о существовании нейтрино появилась в тридцатые годы прошлого века. Но эта частица, рождающаяся при радиоактивном распаде ядер, так слабо взаимодействует с веществом, что долгое время её не удавалось поймать. На самом деле физики очень скоро поняли, что естественные потоки нейтрино из космоса несут в себе не менее, а порой и более важную информацию об эволюции населённой звёздами Вселенной, чем гамма-кванты, свет или радиоволны, потому что нейтрино проистекают из сердца этих звёзд. В недрах звёзд идут мощные процессы ядерного горения вещества, сжатого гравитационными силами притяжения. Каждая звезда — своеобразная гигантская печь, в которой происходит выгорание газового содержания с превращением в тяжёлые химические элементы. Нейтрино — это своего рода золотник в звёздной печи. Гравитационное сжатие вещества звезды настолько сильно, что если не будет отвода энергии, она просто взорвётся, прервав процесс наработки тяжёлых элементов. Энергию из недр звезды уносит именно нейтрино. Эта элементарная частица — важнейший элемент «технологии» горения звёздного вещества.

#### ● ПОДРОБНОСТИ ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

Потоки солнечных нейтрино изучают в специально построенной подземной лаборатории глубокого заложения в окрестностях горы Эльбрус. Там размещён галлий-германиевый нейтринный телескоп. Горные породы над лабораторией создают защиту от космических лучей.

Принцип работы телескопа основан на реакции захвата нейтрино ( $\nu_e$ ) ядром галлия  $^{71}\text{Ga}$  с образованием ядра германия  $^{71}\text{Ge}$  и электрона ( $e^-$ ).

В телескопе в качестве мишени используется около 50 тонн расплавленного металлического галлия при температуре  $\sim 31^\circ\text{C}$  (температура плавления галлия составляет  $29,8^\circ\text{C}$ ). При ожидаемом потоке нейтрино от Солнца ( $6 \times 10^{10}$  нейтрино  $\text{см}^{-2} \text{с}^{-1}$ ) в 50 тоннах металлического галлия образуется в течение месяца около 30 атомов  $^{71}\text{Ge}$ .

В нашем институте создан первый в мире нейтринный телескоп для регистрации нейтрино. Он расположен в подземной лаборатории на Северном Кавказе, в Эльбрусском ущелье, недалеко от горы Эльбрус, в 20 км от вершины. В массивной горе Андырчи специально пробиты две штольни длиной 4 км. Более чем двухкилометровая скальная порода над головой у детектора позволяет фильтровать проникающее космическое излучение, приходящее из космоса. Но чтобы освободиться от всех побочных эффектов, изучают нейтрино, которые проходят насквозь через земной шар с другой стороны. Этот крупномасштабный детектор следит за процессами, происходящими в данный момент в недрах Солнца. Солнце — созданный природой гигантский термоядерный реактор, внутри которого под действием гравитационных сил сжатия происходит синтез ядер водорода в ядре тяжёлого гелия с выделением тепловой энергии. По световому излучению Солнца нельзя узнать, что сейчас происходит у него внутри. Солнце такое большое, что нужен миллион лет, чтобы, например, отдельный гамма-квант, несущий частицу этой тепловой энергии из недр звезды, добрался до поверхности. Можно сказать так: если бы кто-то сейчас выключил реакции термоядерного синтеза внутри Солнца, то только через многие тысячи лет мы бы обнаружили, что Солнце стало затухать. А нейтрино без проблем со световой скоростью пролетает через вещество Солнца и уже через 8 минут достигает Земли. Эти эксперименты с солнечными нейтрино впервые позволили нам измерить глубинную температуру Солнца и получить важную информацию о текущих в нём процессах ядерных превращений.

Наш детектор помог объяснить и так называемый дефицит солнечных нейтрино. Это загадка, впервые обнаруженная в опытах нобелевского лауреата, американского учёного Рэя Дэвиса в восьмидесятых годах прошлого века. Первые измерения показали, что количество нейтрино, которые приходят из недр Солнца на Землю, чуть ли не в два раза меньше, чем должно быть по теории. Физики задумались: что-то с Солнцем не в порядке. Но оказалось, что дело не в Солнце. Существует явление, которое называется осцилляцией нейтрино. Фундаментальные частицы — кварки и лептоны — распадаются на три поколения, образуя как бы клоны, одно от другого. Так вот, первое поколение лептонов — это электрон и электронное нейтрино. Следующее поколение — мюон и мюонное нейтрино. Третье поколение — тау-лептон и тау-нейтрино. В процессах термоядерного синтеза рождается электронное

нейтрино. Но на своём пути к Земле оно превращается в мюонное нейтрино, потом в тау-нейтрино и на Землю приходит уже в виде смеси. Наш нейтринный телескоп позволил внести важный вклад в обнаружение этого явления, которое было отмечено двумя Нобелевскими премиями. Нобелевских премий на всех не хватает, но вклад в это открытие нашего детектора широко признан в мире. Кроме солнечных нейтрино есть не менее интересные нейтрино, рождённые в глубинах космоса, в частности в активных ядрах галактик, при взрывах сверхновых в результате гравитационного коллапса массивных звёзд. Для их изучения создан ещё более уникальный детектор, функционирующий в глубинах озера Байкал. Есть ещё и другие установки, которые наш институт создал в сотрудничестве с Италией в подземных лабораториях под Альпами. Там был впервые обнаружен нейтринный сигнал при коллапсе массивной звезды в Большом Магеллановом облаке вблизи нашей Галактики. Это событие известно как рождение сверхновой 1987А — первой сверхновой, которая очень хорошо наблюдалась на оптическом телескопе. Но первый сигнал о том, что внутреннее давление звезды уже не удерживает её от коллапса, пришёл именно из нейтринной лаборатории.

#### — Как сейчас физики представляют мир элементарных частиц?

— Современная теория, которая описывает элементарные частицы и их взаимодействия, имеет довольно прозаическое название — «Стандартная модель». Она включает базовые частицы вещества — кварки и лептоны. У тех и других есть три поколения, в каждом поколении — две разновидности частиц, и для каждой разновидности существуют свои античастицы. Взаимодействия между кварками и лептонами переносят бозоны, частицы, которые являются элементарными квантами физических полей.

Хотя существует теория, что и это не последний этап строения материи, что есть ещё более фундаментальный уровень, тем не менее Стандартная модель — наивысшее достижение современной физики. Когда-то такую же роль в науке играли законы механики Ньютона. Стандартная модель вобрала практически всё знание, которое сейчас имеется об элементарных частицах и об эволюции вещества во Вселенной. Однако в ней есть один недостающий элемент, пока ещё не обнаруженный экспериментально, — так называемый бозон Хиггса, элементарное возбуждение хиггсовского поля. Это предсказанное теорией поле, которое присутствует даже тогда, когда нет вещества во Вселенной. Оно, как своеобразное море, заполняет всё пространство. Другие

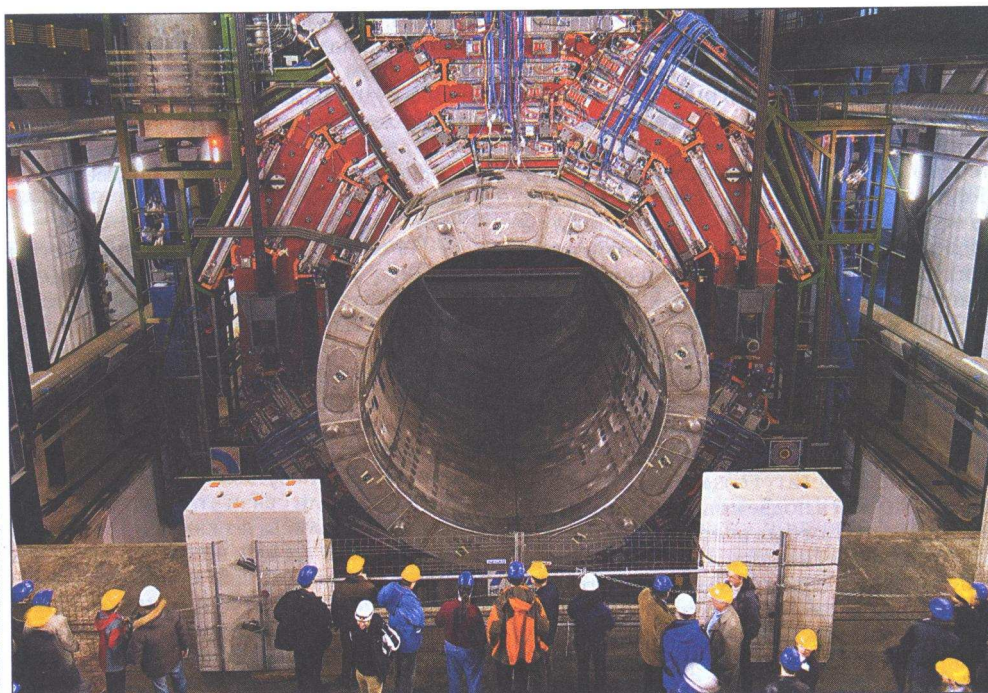
частицы, двигаясь в нём, приобретают массу. Физики надеются, что в экспериментах на Большом адронном коллайдере бозон Хиггса будет найден, и тогда мы получим подтверждение, что это поле существует. И вот когда это будет достигнуто, Стандартная модель элементарных частиц подтвердится в полной мере.

#### — А если не подтвердится?

— На самом деле физики с интересом ждут, что эксперименты на коллайдере дадут результаты, не укладывающиеся в схему Стандартной модели. Иногда говорят, что строение вещества напоминает матрёшку: открыл один уровень, внутри ещё один, а там ещё, и так далее... Но каждый новый уровень скрывает совершенно новые физические законы, новые силы. Для их понимания требуются новые принципы. Сначала открыли связи атомов в молекуле, потом разобрались, по каким принципам устроен атом. Стали изучать ядро — и обнаружили новый тип взаимодействий. Когда разбили ядро на отдельные протоны, нейтроны, оказалось, что есть много явлений, которые не могут быть объяснены в известных терминах. Физики ставят новые эксперименты не для того, чтобы просто ещё одну матрёшку раскрыть. Они надеются найти внутри этой матрёшки совершенно новые явления, новые законы. Вы обязательно зададите вопрос: зачем всё это надо?

#### — Действительно, зачем? Не очень понятно, упрощают эти исследования картину мира или усложняют?

— Есть известное высказывание академика Арцимовича, что физики — люди, которые удовлетворяют своё любопытство за счёт государства. Это, конечно, очень хорошая шутка. Но на самом деле любопытство, которое движет учёными вообще и физиками, изучающими элементарные частицы, в частности, — дар природы. Божий дар. И общество этот дар в каком-то смысле эксплуатирует. Движимый жаждой познания, человек создаёт то, что приносит пользу всем остальным людям. Физика элементарных частиц — это, несомненно, исследования на самом переднем крае науки. Причём этот край лежит так далеко по сравнению с общим состоянием наук, что для каждого очередного шага требуется концентрация интеллекта учёных всего мира. Постановка экспериментальных задач в области элементарных частиц приводит к необходимости создания таких приборов, таких методов, таких технологий, которые трудно вообразить. Надо достичь предельно возможной точности эксперимента, предельно возможного продвижения по шкале энергии или продвижения на уровень малых расстояний, малых интервалов времени. Когда хотят показать масштаб Большого адронного



*Монтаж компактного мюонного соленоида, одного из базовых детекторов Большого адронного коллайдера.*

коллайдера, его иногда изображают на фоне карты Швейцарии и Франции в районе Женевского озера между двумя грядками гор. Действительно гигантское сооружение! Но всё в целом — это своеобразный микроскоп, позволяющий заглянуть в глубь мира и к истокам времени. Если говорить в терминах микроскопа, то разрешение, которого коллайдер позволяет достичь в экспериментах, настолько меньше размеров атома, насколько яблоко меньше размеров Солнца. Создание такой экспериментальной установки невозможно на уровне отдельного института и отдельной страны. Проект Большого адронного коллайдера осуществляется силами учёных более 40 стран.

— **Россия тоже участвует в этом проекте. Каков её вклад?**

— Когда проект начинался, экономическое положение России было непростым. Однако было принято очень мудрое решение об участии нашей страны в создании Большого адронного коллайдера. Все самые сложные заказы на производство элементов детекторов и ускорителя коллайдера распределялись на основе международных тендеров. Физики помогли нескольким передовым предприятиям России принять участие в этих тендерах, помогли поставить технологии

на тот уровень, который нужен учёным. Наши физики — они и проектировщики, и технологи, потому что передовое знание начинается в голове, а заканчивается на кончиках пальцев. В результате во многих случаях наши фирмы выиграли эти тендеры и произвели оборудование, которое просто восхищает. Приходилось слышать признания, что на таком же уровне и с таким же качеством ни одна страна бы с работой не справилась, потребовались бы ещё 10 лет и огромные средства. Например, Богородицкий завод в Тульской области для одного из детекторов коллайдера вырастил около 80 тысяч совершенных кристаллов вольфрамата свинца, более прозрачных, чем хрусталь, и с очень высокой плотностью. Этот завод получил высшую оценку международного сообщества. Или, например, авиационное конструкторское бюро имени Мясищева в Жуковском. Обладая технологиями производства летательных аппаратов на основе композитных материалов, там произвели необходимые элементы механических конструкций детектора отличного качества.

— **То есть коллайдер уже приносит практическую пользу?**

— Международное сообщество давно понимает, что каждый рубль, доллар, евро, вложенный в физику высоких энергий, окупается в трёхкратном, пятикратном размере в течение ближайших десятилетий. Всем известен блестящий пример — возникновение интернета, как «побоч-

ного продукта» вложений в исследования элементарных частиц. Физикам, работающим в ЦЕРНе, потребовались программные средства, которые позволяли бы на расстоянии управлять экспериментом через компьютер. В итоге эта программа, созданная и внедрённая в ЦЕРНе, затем привела к созданию интернета. Сейчас уже сделан следующий революционный шаг в этой области — фактически создана и продолжает развиваться система распределённых вычислений по технологии GRID (см. «Наука и жизнь» № 6, 2005 г. — Ред.). Эта система позволяет связать компьютеры и компьютерные центры таким образом, чтобы они работали как одна машина, по единой программе. Появляется возможность одновременно обрабатывать огромный объём данных, осмысливать их.

**— Весной 2010 года на Большом адронном коллайдере получены первые результаты. Что-то интересное уже есть?**

— Об открытиях, конечно, говорить ещё рано. Чтобы обнаружить явления, которые не укладываются в существующую теорию, нужно время. Потому что, если даже такие явления существуют, они потребуют набора статистики. Первые данные, первые миллионы событий должны показать, насколько точно работают установки. Ведь частицы движутся практически со скоростью света. Кольцо длиной в 27 км протон пробегает, скажем, за 1 секунду более чем 10 тысяч раз. А экспериментальную установку, длиной пусть даже десятки метров, они пролетают мгновенно. Чтобы зафиксировать все частицы, которые родились при столкновении, а их тысячи, успеть проследить путь каждой из них, нужна высочайшая чувствительность и точность настройки детекторов.

**— В начале XX века элементарные частицы регистрировали с помощью камеры Вильсона, заполненной водяным паром. Современные детекторы имеют что-то общее с этим прибором?**

— Камера Вильсона — исторически очень важный этап. Это было революционное достижение в технологии детектирования. Сейчас используют электромагнитные калориметры на основе кристаллов особого типа, детекторы черенковского и переходного электромагнитного излучения и другие. Современный аналог камеры Вильсона — детекторы, использующие жидкий аргон как среду, в которой можно наблюдать движение заряженных частиц.

Физики старой школы умели сочетать знания, физическое понимание, искусство эксперимента. Сейчас очень сильно развилась, вполне понятно почему, та часть экспериментальной работы, которая называется компьютерным моделированием. По программам, составленным на основе уже

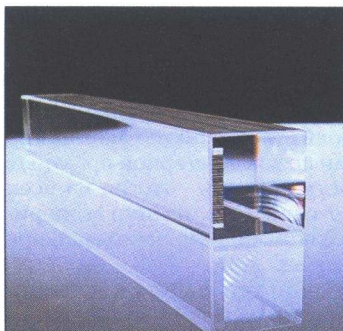
известных физических законов, как бы разыгрывают возможный ход событий. Но если вы не участвуете в реальном эксперименте, компьютерные модели ничего не стоят. К сожалению, для многих молодых учёных физика становится наукой, познанной по учебникам или по компьютерной практике. И возможность принять участие на всех стадиях подготовки и реализации экспериментов на Большом адронном коллайдере — это большая школа!

**— Вы координируете работу в эксперименте с компактным мюонным соленоидом. Что это такое?**

— Большой адронный коллайдер — это, с одной стороны, комплекс ускорителей, а с другой — экспериментальные установки. Созданы четыре базовые установки, две самые крупные — ATLAS и CMS (компактный мюонный соленоид), две поменьше — LHCb и ALICE. Компактный мюонный соленоид действительно заслуживает того, чтобы о нём рассказать. Хотя слово «компактный» намекает на нечто небольшое, на самом деле это крупномасштабная установка, 12 м в диаметре, 25 м в длину. Компактным он называется потому, что в центре этой установки создаётся очень мощное магнитное поле — 4 Тл. Чтобы создать такое поле, нужно иметь сверхпроводящий магнит. А чтобы удержать магнитное поле, требуется массивное железное ярмо. Металла в CMS в два раза больше чем в Эйфелевой башне, тем не менее по размерам он в три раза меньше, чем детектор ATLAS. Каждый детектор имеет своё технологическое решение, обеспечивающее наблюдение процессов, которые происходят в центре этих установок при столкновении протонов.

**— Что физики собираются изучать с помощью компактного мюонного соноида?**

— Одна из задач — обнаружить существование так называемой суперсимметрии. Это идеальная симметрия, которая, возможно, решит проблему дуализма между фермионами и бозонами, двумя классами элементарных частиц, которые имеют различные типы так называемых статистик. Электроны — это фермионы, а мезоны — это бозоны. Поведение фермионов и бозонов в мире частиц различно. Есть идея, что они тем не менее имеют общую природу, и эта природа требует наличия суперсимметрии. Если суперсимметрия будет обнаружена, значит, у каждой из известных элементарных частиц есть частица-партнёр, причём более тяжёлая. Мы откроем целый класс новых тяжёлых частиц, которые должны были играть важную роль в эволюции вещества во Вселенной после Большого взрыва. Далее стоит задача, связанная с изучением тёмной материи и тёмной энергии.



*Кристаллы вольфрамата свинца, изготовленные в Богородицке, прозрачнее стекла и при этом почти в четыре раза плотнее. Они используются в качестве сцинтилляторов в электромагнитном калориметре компактного мюонного соленоида. Короткоживущие частицы, образующиеся при столкновении протонов, поглощаются в кристаллах сцинтиллятора, позволяя измерить энергию частиц.*



Фото: Laurent Guiraud, Patrice Loiez, CERN.

Вещество, из которого состоят звёзды и планеты, составляет не более 4% наполнения Вселенной. Остальное — это некая тёмная материя, тёмная в том смысле, что она не излучает свет, мы её не видим. Но она обладает массой, и мы наблюдаем её гравитационное влияние. В астрофизике известно такое явление, как гравитационное линзирование. Если на пути лучей света от далеких звёзд наблюдается большое скопление тёмной материи, то она благодаря сильному гравитационному полю искривляет лучи света, то есть действует как линза. А мы удивляемся, что дальняя Галактика на пластинке проявляет себя четыре раза. Это одна и та же Галактика, но лучи искривились так, что получилось несколько изображений. По искривлению можно определить, какова масса вещества, которое встретилось на пути света. На основе этого эффекта сделаны оценки, что тёмной материи примерно раз в восемь больше, чем обычной. Возможно, существуют какие-то элементарные составляющие этой материи — тяжёлые массивные частицы, очень слабо взаимодействующие с нашим веществом. Можно надеяться, что мы их обнаружим в столкновении двух протонов сверхвысоких энергий. Мы не сможем зафиксировать эти частицы непосредственно, но если увидим, что энергия ушла, импульс ушёл, то можно будет даже измерить массу этих частиц.

#### — А что известно о тёмной энергии?

— Тёмная энергия — явление, которое как бы создаёт избыток внутреннего давления в системе и заставляет разбегаться звёзды и галактики. Разбегание происходит с ускорением, и если оно продолжится, то

Вселенная конечным этапом может иметь холодную смерть.

#### — Физиков не пугает такой конец?

— Они с увлечением это обсуждают, и никто из них не воспринимает теорию слишком пессимистически. Теоретики строят гипотезы о природе тёмной энергии, а это значит, что впереди у нас открытия, экспериментальные и интеллектуальные. Быстрое развитие науки рождает философские проблемы. Наука опирается на представление, что мы живём в мире, где всё можно познать и всё понять. Например, физики стремились объяснить всё: и почему у электрона такая масса, и почему заряд такой, а не другой. На многие вопросы действительно были найдены ответы. А на другие — до сих пор не найдены. И возникла точка зрения, что на самом деле множество миров безгранично. И только в одном из них законы, свойства, качества материи оказались таковы, что на определённом этапе смогла возникнуть жизнь. И появился Человек. Это так называемый антропный принцип: не надо ставить вопрос, почему мир такой, потому что мы способны наблюдать только такой мир, который позволяет нам существовать.

Вот вопрос: почему человеку вообще дана возможность изучать то, что, казалось бы, в его жизни не играет никакой роли? Почему человек способен обсуждать, какова была Вселенная на расстоянии одной ста тысячной доли секунды от момента Большого взрыва? Или ломать голову, а что было на уровне одной миллионной? Что было до того, как произошёл Большой взрыв, давший жизнь нашей Вселенной? Понятно, что возраст цивилизации, как



ни считайте, не больше возраста Солнца. А что такое сознание? Может ли сознание познать то, что называется сознанием? То есть, как Мюнхаузен, вытащить себя за собственные волосы? Эти две проблемы — природа сознания и природа мира, Вселенной — они как-то, в каком-то смысле очень тесно связаны между собой.

Древние греки знали, может быть, намного меньше нас, но были не менее мудрыми, чем мы. Скажем, Анаксагор. В его учении о стихиях есть воздух, вода, пламя и организующий элемент — ум, организующее начало. Оно должно было быть, это начало. Мы видим, что особенности фундаментальных сил, связывающих частицы, содержат уже в себе истоки того порядка и начала, которые в том числе приводят к сознанию.

Проблемы теологического свойства обсуждать очень трудно. Совместима или несовместима наука с религией? Многие учёные, и я тоже, не принадлежат ни к атеистам, ни к верующим. Скажем, Эйнштейн, говоря о вероятностных процессах, писал: «Я не верю, что Господь Бог бросает кости». Конечно, он имел в виду не того бога, о котором говорят теологи, а условного субъекта, который имеет право творить законы. Так вот, такой субъект не стал бы писать законы так, чтобы надо было кости бросать.

Природное любопытство заставляет искать ответы на вопросы, не имеющие прямого отношения к нашей жизни. Именно оно лежит в основе развития человечества. Человек не может не искать. Не всем индивидуумам эта способность дана в равной мере, но человечеству природой определено искать. Это не просто претензия физиков на большую поддержку, это их природное стремление, которое отражает дар человека искать ответы на вопросы самого феноменального свойства.

**— И в этом естественные науки стыкуются с гуманитарными...**

— Я бы не сказал, что есть какая-то резкая граница между гуманитарными и физическими науками, потому что и то и другое — стороны нашего сознания. Вспоминается фильм «Солярис». Мозг человека — своеобразное море, Солярис, который хочет всё познать, всё хочет повторить в себе. И вот вопрос: что такое сознание? Это какая-то способность строить виртуальный мир мироздания. Давно уже говорят биофизики или физиологи, что человек видит не столько глазами, сколько мозгом. Если измерить скорости химических реакций, которые переносят нервные сигналы, кажется, что увидеть одновременно всё, что мы видим, невозможно. Но это возможно, потому что в зрении участвует мозг. И по отдельным данным он достраивает общую картину. Вот так же наше сознание, наш

мозг строит виртуальную модель Вселенной. Почему человеку дано такое? Почему, например, математикам дан дар представлять  $n$ -мерное пространство? Любой человек может нарисовать трёхмерный куб. А математик нарисует на бумаге проекцию и пятимерного, и шестимерного куба. Как? Он же не жил в шестимерном пространстве! Но мозг человека способен это делать! Способность к пониманию многомерного пространства, комплексных чисел и других чисел, никогда не существовавших в природе, это особый дар.

**— От философских проблем вернёмся снова к физическим. Давно существует проект линейного коллайдера. Будет ли он когда-нибудь построен и что с его помощью можно будет изучать?**

— Когда Большой адронный коллайдер ещё строился, физики уже проектировали коллайдер для электронов и позитронов. Зачем он нужен? В адронном коллайдере сталкиваются протоны. Протоны некогда считались элементарными частицами, но на самом деле, как мы уже говорили, это сложные комплексы из трёх кварков, связанных глюонными полями. Поэтому, образно говоря, столкновение двух протонов подобно столкновению двух поездов. Там рождается одновременно множество частиц, самых разных. На этом пути, возможно, легче вскрыть совершенно новые явления. Но если они потребуют более детального изучения, то протонный коллайдер оказывается менее удобным из-за сложности протона. Электрон и позитрон — гораздо более простые частицы, и в их столкновении можно более точно изучить те явления, про которые уже известно, что они существуют. Почему в этом случае нужен линейный коллайдер? Потому что ускоренное движение заряженной частицы по круговой орбите сопровождается излучением электромагнитных волн, и чем легче частица, тем интенсивнее она излучает. Следовательно, электрон, который в 1800 раз легче протона, так много излучает, что его очень трудно разогнать в круговом ускорителе. Вы вкачиваете в частицу энергию, а она излучает всё в свет. Это используется в специальных синхротронных источниках, когда свет нужен для вторичного использования. А вот для достижения высших энергий ускорение в линейном коллайдере гораздо более эффективно.

Когда линейный коллайдер будет построен — зависит от экономической ситуации. Есть вариант размещения такого коллайдера в России, в Подмосковье. Это одно из наиболее приемлемых мест с точки зрения геологии. Такой проект мог бы привлечь на территорию России лучших физиков и новые технологии.