

Майкл Райордэн,
Гвидо Тонелли и Саулань У

Наконец-то Бозон Хиггса

После трех десятилетий исследований ученые, кажется, обнаружили неуловимую частицу. Ее необычные свойства дают основания полагать, что новая эра в физике, возможно, уже не за горами

Illustration by Benjamin Simon and Dirk Schuster





ОБ АВТОРАХ

Майкл Райордэн (Michael Riordan) — историк науки и автор многочисленных книг, включая книгу «Охота за кварком» (*The Hunting of the Quark*, 1987). Он пишет историю злополучного Сверхпроводящего суперколлайдера.



Гвидо Тонелли (Guido Tonelli) — профессор Университета Пизы и научный сотрудник итальянского Национального института ядерной физики. Он ставил эксперименты на Компактном мюонном соленоиде (CMS) в CERN с 1993 г. и выступал его официальным представителем в 2010 и 2011 гг.



Саулань У (Sau Lan Wu), профессор физики Висконсинского университета в Мадисоне, более 20 лет занималась в CERN поисками бозона Хиггса — сначала на Большом электрон-позитронном коллайдере (LEP), а с 1993 г. как член исследовательской группы эксперимента ATLAS.



Поздним вечером 14 июня 2012 г. группа аспирантов и кандидатов наук, работающих на Большом адронном коллайдере (БАК), начала изучение только что полученных данных. Эта огромная установка, расположенная в Европейском центре ядерных исследований (CERN) недалеко от Женевы, после затянувшейся почти на всю зиму спячки всего за несколько месяцев выдала огромное количество данных. Но более чем 6 тыс. физиков, работающих на двух самых больших детекторах БАК, остерегались неумышленной предвзятости при их анализе. Они договорились не сообщать друг другу о своих результатах, выполняя то, что они назвали «слепым анализом», до середины июня, когда в результате неимоверно напряженной ночной работы будет обнародовано все сразу.

Много молодых ученых провели всю ту ночь за распутыванием только что представленных нитей доказательства. Хотя БАК — это гигантский коллайдер, на котором проводится сразу несколько экспериментов, только перед двумя самыми большими — ATLAS и CMS — стояла задача обнаружения бозона Хиггса, давно разыскиваемой частицы, что позволит завершить Стандартную модель физики элементарных частиц, теоретическое описание субатомного мира. Каждый из этих огромных детекторов регистрирует осколки, разлетающиеся в результате столкновения внутри него протонов.

Независимое детальное изучение этих осколков может открыть новые скоротечные явления, включая, возможно, и неуловимый бозон Хиггса. Однако детекторы должны тщательно отслеживать следы частиц и то, куда ушла энергия столкновений, и в то же время постоянно блокировать фоновые низкоэнергетические частицы, чтобы в них не утонули потенциально интересные сигналы. Это все равно что пить из пожарного рукава, одновременно пытаясь в потоке воды выловить зубами несколько крупинок золота.

К счастью ученые знали, что они ищут. После устранения последствий катастрофы при запуске (всего через девять дней после того, как БАК вступил в строй в 2008 г., короткое замыкание обмоток двух электромагнитов привело к их разогреву и расплавлению, а мощный электрический разряд продырявил их кожух, выбросив тонны гелия и сорвав с фундамента большое количество сверхпроводящих магнитов) в течение 2011 г. Большой адронный коллайдер выдал горы данных, достаточных для того, чтобы обнаружить первые признаки бозона Хиггса.

После завершения в октябре серии экспериментов и плановой остановки на зиму Фабиола Джанотти (Fabiola Gianotti), официальный представитель эксперимента ATLAS, и один из нас (Гвидо Тонелли), в то время официальный представитель эксперимента CMS,

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Бозон Хиггса, последнее недостающее звено в Стандартной модели физики элементарных частиц, в течение многих десятилетий ускользал от физиков, несмотря на все более изощренные попытки обнаружить его присутствие.
- В конце 2011 г. две гигантские установки на Большом адронном коллайдере CERN зафиксировали обнадеживающие намеки на бозон Хиггса. У физиков появилась надежда, что весенняя серия экспериментов 2012 г. приведет к открытию.
- Физики скрыли данные весенней серии даже от себя самих, проводя анализ «вслепую», чтобы избежать любого рода предвзятости. В середине июня они впервые взглянули на вновь полученные доказательства.
- Похожая на бозон Хиггса частица, которая была обнаружена, имеет много ожидаемых физиками свойств. Но она преподнесла и несколько первых сюрпризов, которые, вероятно, указывают путь к будущему физики.

провели специальный семинар в переполненной главной аудитории *CERN*. Оба детектора независимо обнаружили обнадёживающие пики в данных.

Более того, эти красноречивые намеки на бозон Хиггса дополняли друг друга. Как *ATLAS*, так и *CMS* зарегистрировали несколько десятков событий выше ожидаемого фона, в которых образовались два фотона с суммарной энергией 125 миллиардов электронвольт, или 125 ГэВ. (ГэВ — это стандартная единица массы и энергии в физике элементарных частиц, примерно равная массе протона.) Если бы в результате соударения протонов образовались короткоживущие бозоны Хиггса, они могли бы распасться на эти фотоны. В каждом из экспериментов были зарегистрированы и несколько дополнительных событий, в которых четыре заряженных лептона (электроны или мюоны) уносили аналогичную суммарную энергию. Они, возможно, тоже были результатом распада бозона Хиггса. Такая согласованность сигналов была беспрецедентной. Это дало основания предполагать, что в данных начала появляться что-то реальное.

Однако если учитывать строгие требования физики элементарных частиц, ни один из сигналов, полученных в 2011 г., не был достаточно убедительным, чтобы позволить нам объявить об «открытии». Пики и горбы в данных, вроде этих, часто оказывались эфемерными и были всего лишь случайными флуктуациями. А успешная весенняя серия экспериментов 2012 г., в которых за 11 недель было получено больше столкновений протонов, чем за весь 2011 г., могла бы легко размыть пики в данных, утопив их в фоновом шуме.

Конечно, могло случиться и обратное. Если горбы появились в результате распада бозона Хиггса, а не были просто статистическим паразитным эффектом, все новые данные предоставили ученым хороший шанс, позволяющий официально объявить об открытии — завершении поисков длиной в несколько десятилетий и начале новой эры в нашем понимании природы и Вселенной.

Поиски длиной в тридцать лет

Бозон Хиггса — не просто еще одна элементарная частица, это краеугольный камень грандиозного интеллектуального здания, известного как Стандартная модель, — взаимно переплетающегося набора теорий, составляющих современную физику элементарных частиц. Существование этой частицы было предсказано в 1964 г. Питером Хиггсом из Эдинбургского университета, а также независимо Франсуа Англером (François Englert), Робертом Браутом (Robert Brout) из Брюсселя, и еще тремя теоретиками из Лондона, как следствие хитроумного механизма,

который наделяет элементарные частицы массой. Бозон Хиггса — это физическое проявление неосязаемой текучей среды (называемой полем Хиггса), которая пронизывает каждый уголок космоса и снабжает элементарные частицы их массой. С открытием кварков и глюонов в 1970-х гг. и массивных носителей слабого взаимодействия — *W*- и *Z*-бозонов в 1980-х гг. большая часть элементов Стандартной модели сложились в четкую картину.

Хотя теоретики убеждали, что бозон Хиггса — или нечто на него похожее — должен существовать, они не могли предсказать, какова может быть его масса. По этой и ряду других причин в распоряжении ученых было не так уж много ключей для его поиска. Один из первых кандидатов, массой менее девяти масс протона, объявился в 1984 г. на обновленном электрон-позитронном коллайдере в Гамбурге, Германия.

Однако доказательства рассыпались в ходе дальнейшего изучения.

Большинство теоретиков сошлись во мнении, что масса бозона Хиггса должна быть в 10–100 раз больше. Если это так, то для его обнаружения потребуется гораздо больший ускоритель на встречных пучках, способный разгонять частицы до намного более серьезных энергий, чем даже Тэватрон Национальной лаборатории им. Ферми — шестикилометровый протон-антипротонный коллайдер, строительство которого было завершено в 1983 г. В том же году в *CERN* началось строительство Большого электрон-позитронного коллайдера (БЭПК) стоимостью в \$1 млрд. Проложенный для него 27-километровый круговой туннель четыре раза пересек французско-швейцарскую границу около Женевы. Хотя перед

БЭПК стояли и другие важные физические задачи, поиск бозона Хиггса стал одной из приоритетных.

Ученые США, работавшие в области физики элементарных частиц, которых администрация Рейгана призывала «мыслить масштабно», в конце 1980-х г. протолкнули грандиозные планы строительства гораздо большей многомиллиардной установки — Сверхпроводящего суперколлайдера (ССК). С энергией протон-протонных соударений в 40 триллионов электронвольт (40 ТэВ или 40 тыс. ГэВ) ССК должен был обнаружить бозон Хиггса, даже если бы его масса составляла 1 тыс. ГэВ.

Но после того как предполагаемая стоимость проекта ССК почти в два раза превысила \$10 млрд, Конгресс США зарубил его на корню в 1993 г. Пришедшие в смятение после такого поворота событий американские охотники за бозоном Хиггса для продолжения своих исследований снова обратили свой взор на Фермилаб и *CERN*. Новые открытия и прецизионные измерения, сделанные на БЭПК и Тэватроне, вскоре дали основания предполагать, что

Разговоры
вполголоса
давали основания
предполагать,
что грядет нечто
грандиозное.
Ажиотаж вокруг
предстоящего
объявления
об открытии
нарастал

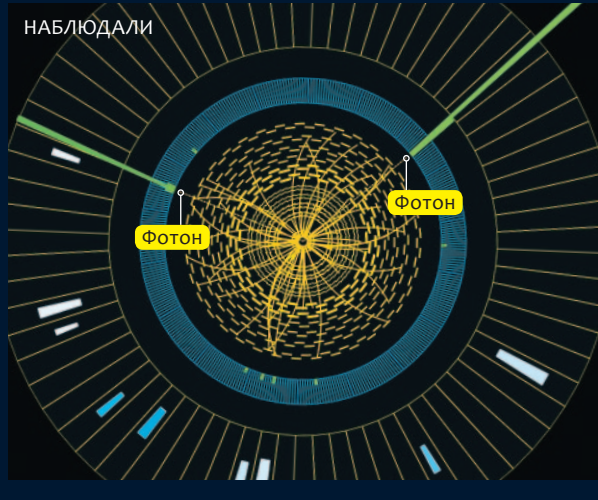
СЛАБЫЕ, РЕДКИЕ ОТПЕЧАТКИ ПАЛЬЦЕВ БОЗОНА ХИГГСА

Бозон Хиггса — чрезвычайно нестабильная частица, которая быстро распадается в результате нескольких различных процессов, или «мод». К сожалению, многие моды распада неотличимы от оглушительного грохота обычных фоновых событий, которые

возникают в результате 500 млн соударений протонов друг с другом, происходящих каждую секунду. Эксперименты ATLAS и CMS как раз и задуманы, чтобы зарегистрировать случайное интересное событие, которое может произойти в результате распада

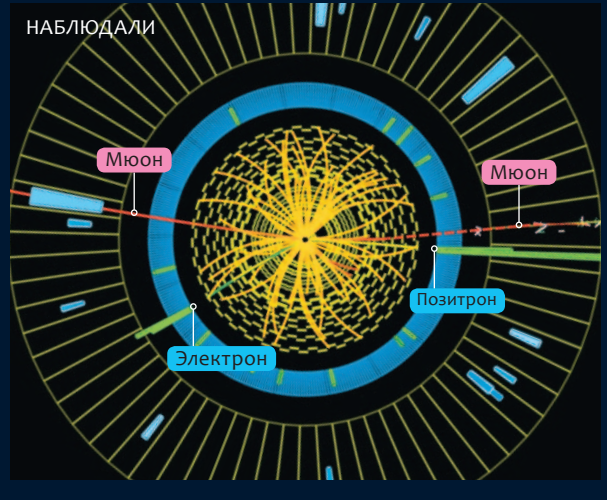
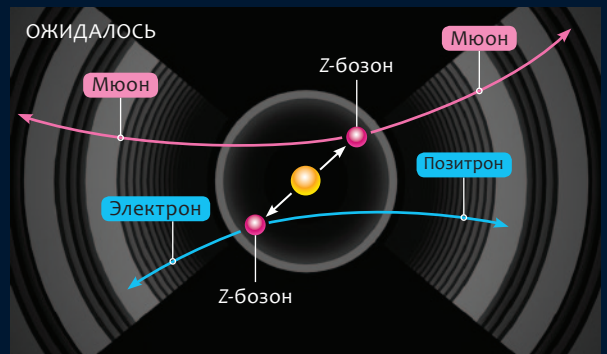
ФОТОНЫ

Каждый детектор состоит из множества калориметров — устройств для измерения энергии частиц. Калориметр, находящийся в самом центре, обладает особой чувствительностью к фотонам. Они поглощаются в калориметре, и в результате образуется слабый электрический сигнал. Если бозон Хиггса распадется на два фотона, детектор сможет измерить их суммарную энергию с чрезвычайно высокой точностью, что позволяет точно реконструировать массу вновь обнаруженной частицы.



Z-бозоны

Бозон Хиггса способен распасться на пару Z-бозонов, каждый из которых может в свою очередь распасться на электрон, спаренный с имеющим противоположный заряд позитроном, или на два мюона. Находящиеся внутри трековая система и калорифер регистрируют электроны, в то время как мюоны вылетают наружу, оставляя следы-треки во время своего пролета. Мощное магнитное поле искривляет траектории электронов и мюонов, что позволяет с высокой точностью измерить их энергию и оценить массу породившего их бозона Хиггса.



бозоны Хиггса, вероятно, не тяжелее, чем 200 ГэВ, а это потенциально давало возможность их получения на упомянутых коллайдерах. Однако более чем за десять лет исследований физики так и не обнаружили в полученных данных пиков, надежно свидетельствующих о бозоне Хиггса.

Летом 2000 г. во время последних экспериментов на БЭПК физики решили поднять энергию соударений выше порога, который был заложен в проект ускорителя. Именно тогда начали появляться намеки на бозон Хиггса. В сентябре два из четырех экспериментов на БЭПК представили свидетельства редких событий, в которых участвовали Z-бозон и еще одна загадочная частица, которая распалась на два «прелестных»

кварка (или *b*-кварка). Эта частица во многом была схожа с бозоном Хиггса массой 115 ГэВ. Тогдашний директор CERN Лучано Майяни (Luciano Maiani) продлил той осенью жизнь установки на шесть недель, но за это время ученые смогли зарегистрировать всего лишь еще одно подходящее событие. После горячих дебатов Майяни решил отключить БЭПК и начать запланированное переоборудование его в БАК — установку, предназначенную для обнаружения бозона Хиггса.

Все ближе к открытию

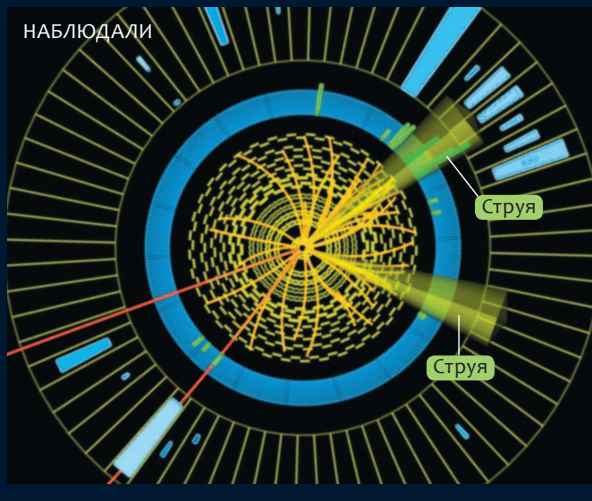
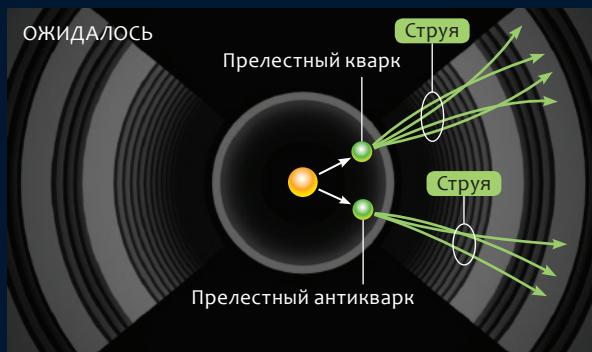
Большой адронный коллайдер — это самое впечатляющее собрание передовой техники. Построенный внутри

бозона Хиггса и отбросить прочь все остальные. На рисунках показаны наиболее интересные моды распада, которые используются в этих экспериментах для поиска бозона Хиггса, а также изображения реальных хиггсоподобных сигналов, которые были

зарегистрированы CMS в 2011 и 2012 гг. (Поскольку это открытие — статистическое по своей природе, никакое единичное событие не может служить убедительным доказательством.)

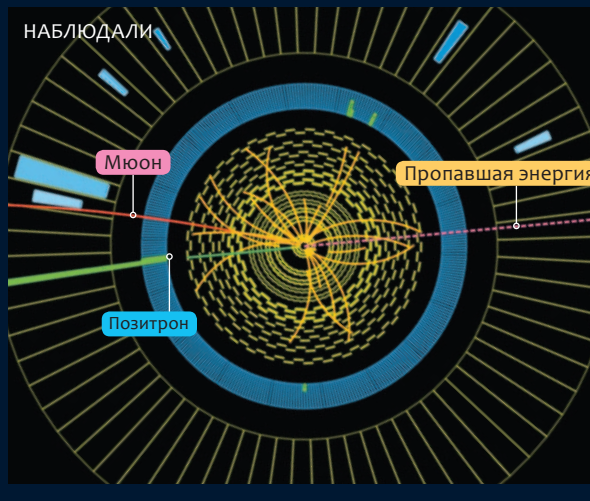
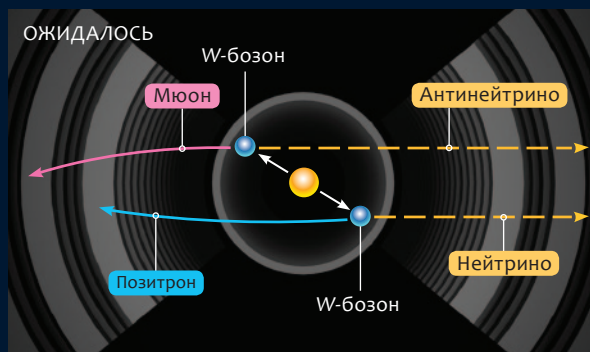
Прелестный кварк

Бозон Хиггса может распасться и на прелестный кварк и его античастицу, каждая из которых в свою очередь распадается на плотную «струи» вторичных частиц, называемых адронами (составные частицы, состоящие из кварков). Эти адроны пролетают через внутренние слои детектора и выделяют свою энергию во внешних калориметрах. К сожалению, при многих обычных соударениях из прелестных кварков также образуются адронные струи, которые затрудняют поиск событий, связанных с бозоном Хиггса на их фоне.



W-бозоны

Бозон Хиггса может также распасться на два W-бозона, каждый из которых в свою очередь способен распасться на электрон, позитрон или мюон плюс нейтрино или антинейтрино. Зарегистрировать нейтрино практически невозможно — они вылетают из детектора, как если бы их там никогда не было, унося с собой часть энергии события. Ученые используют эту пропавшую энергию для того, чтобы сделать вывод об их присутствии, но пропавшая энергия также мешает им точно оценить массу исходного бозона Хиггса.



туннеля, первоначально проложенного для БЭПФ физиками и инженерами, возглавляемыми руководителем проекта Линдоном Эвансом (Lyndon Evans), новый коллайдер не похож на своего предшественника. Среди его основных компонентов — более 1,2 тыс. сверхпроводящих магнитных диполей, сияющих серебром 15-метровых цилиндров стоимостью почти \$1 млн каждый. Это, вероятно, самые совершенные устройства из когда-либо серийно выпускаемых компаниями Франции, Германии и Италии. В них располагаются двоянные трубы вакуумных камер, по обе стороны от которых расположены обмотки электромагнитов из ниобий-титанового сплава, купающиеся в жидком гелии при температуре 1,9° K

(или -271° C). Внутри вакуумных камер в противоположных направлениях циркулируют два пучка протонов с энергией до 7 ТэВ и скоростями, приближающимися к скорости света.

Эти пучки похожи на световые импульсы лазера. Один такой пучок состоит из 1,4 тыс. «сгустков», содержащих до 150 млрд протонов каждый, — примерно столько же, сколько звезд в Млечном Пути. В типичном эксперименте при каждой встрече сгустков протонов происходит от 10 до 30 актов соударений, около полумиллиарда соударений в секунду.

При столкновениях протонов образуется гораздо больше «мусора», чем при столкновениях электронов

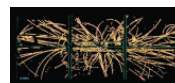
ПЯТЬ ДЕСЯТИЛЕТИЙ БОЗОНА ХИГГСА

Открытие летом 2012 г. похожей на бозон Хиггса частицы стало кульминацией продолжавшихся несколько десятилетий поисков. В годы, предшествовавшие появлению Стандартной модели физики элементарных частиц, ученые поняли, что у них нет объяснения, почему частицы имеют массу. Череда теоретических озарений навела на мысль, что существует еще один вид поля — поле, называемое сейчас полем Хиггса, которое тормозит частицы и придает им их инерцию. Это поле должно иметь своего носителя в виде частицы. Так начались поиски бозона Хиггса.



Август 1964 г. СТАТЬИ

Франсуа Англер и Роберт Браут опубликовали первую из трех статей, в которых выдвинули предположение о частице и механизме, который впоследствии будет назван в честь Питера Хиггса (слева), автора второй статьи, появившейся двумя неделями позже. Джеральд Гуральник (Gerald Guralnik), Карл Хаген (Carl Hagen) и Том Киббл (Tom Kibble) опубликовали третью статью в ноябре.



Январь 1983 г. ОБНАРУЖЕН W-БОЗОН

Одно из последних недостающих звеньев Стандартной модели было обнаружено, когда впервые в мире эксперимент на Протонном суперсинхротроне в CERN возле Женевы выявил W-бозон.

Август 1979 г. ОТКРЫТИЕ ГЛЮОНА

Ученые впервые наблюдали глюон — частицу, ответственную за ядерные силы, — в лаборатории DESY в Гамбурге, Германия. Теоретики вычислили, что при слиянии глюонов образуется больше бозонов Хиггса, чем в любом другом процессе.



Июль 1989 г. НОВЫЙ КОЛЛАЙДЕР ВСТУПАЕТ В СТРОЙ

В погоне за крупной добычей CERN строит Большой электрон-позитронный коллайдер (БЭПК) внутри кольцевого 27-километрового туннеля.

с позитронами. Теоретик Ричард Фейнман из Калифорнийского технологического института как-то сравнил этот процесс с ударом друг об друга двух мусорных баков. Протоны — это сложные объекты, состоящие из кварков и глюонов. В самых интересных событиях два глюона сталкиваются с энергией более 100 ГэВ — а иногда и до 1 ТэВ. Физики, вооруженные хитроумными детекторами, множеством специально сконструированных электронных приборов и самыми современными компьютерами, пытаются выделить из миллиардов малоинтересных монотонных событий несколько, соответствующих интересным физическим явлениям.

Ни ATLAS, ни CMS не позволяют наблюдать бозон Хиггса непосредственно: он слишком быстро распадается на другие частицы. Они ищут свидетельства того, что он образовался в ходе соударения. В зависимости от того, какова масса бозона Хиггса, он мог бы распадаться на более легкие частицы множеством различных способов. В 2011 г. физики начали фокусировать внимание на редких распадах с образованием двух фотонов и четырех заряженных лептонов, поскольку эти сигналы хорошо выделяются даже из очень сильного фона, который мог бы легко скрыть сигналы бозона Хиггса.

Катастрофа с магнитом на БАК 2008 г. предоставила физикам из Фермилаба последний шанс самим открыть бозон Хиггса. Накануне запланированного вывода из строя Тэватрона в сентябре 2011 г. эксперименты CDF и D-Zero, проводимые на этом коллайдере, продемонстрировали небольшое превышение событий, в которых пара «прелестных» кварков образуется с суммарной энергией от 125 до 155 ГэВ. Но, как и в случае с закрытием БЭПК, ученым не удалось убедить директора лаборатории отложить приведение смертного приговора в исполнение, и вскоре Тэватрон был остановлен (см.: Фолджер Т. В поисках бозона Хиггса // ВМН, № 12, 2011). В марте 2012 г.

эти физики представили более подробный анализ, который продемонстрировал большой пик с центром при 125 ГэВ, в подкрепление результатов CERN.

Рубеж пройден

Благодаря усилиям физиков и операторов во главе с директором ускорителя Стивеном Майерсом (Stephen Myers) к маю 2012 г. БАК выдавал данные в 15 раз быстрее, чем когда-либо удавалось получить на Тэватроне. Эта серия стала кульминацией двух десятилетий работы тысяч физиков, занятых в программах ATLAS и CMS, тех, кто построил эти детекторы и теперь работал на них, и тех, кто спроектировал и теперь управлял работой компьютерных систем, распространявших данные по всему миру, а также тех, кто создал новые устройства и программное обеспечение для компьютеров, чтобы выделить самые интересные соударения, написал алгоритмы, позволяющие выкапывать наиболее многообещающие события из огромной горы регистрируемых данных. Все они лихорадочно работали, предвкушая открытие. Поэтому, когда в середине июня ученые обнаруживали полученные ими массивы данных, на них обрушились потоки событий, которые предстояло перелопатить. Аспиранты и кандидаты наук, проработав всю ночь напролет, с волнением приготовились сообщить о том, что же они обнаружили.

Жарким летним днем 15 июня во второй половине дня физики, работающие в эксперименте CMS, начали стекаться в комнату № 222 фильтровальной станции CERN, чтобы послушать доклад молодых физиков. Помещение быстро заполнили несколько сот сотрудников (из 3 тыс. человек полного списочного числа), занятых в этом эксперименте. Многие из них стояли или уселись на пол. Мало кому удалось выспаться в предыдущую ночь. Напряженные ожидания и всеобщее возбуждение охватили зал.

**2 ноября 2000 г.
КОНЕЦ ЭРЫ**

В CERN закрывается БЭПК, чтобы можно было начать строительство Большого адронного коллайдера (БАК), машины, которая позволит в конце концов обнаружить бозон Хиггса.



**10 сентября 2008 г.
ВСЕ СИСТЕМЫ ГОТОВЫ**

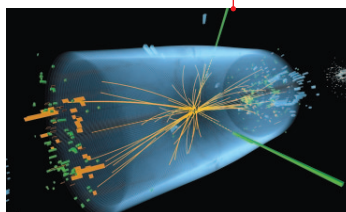
Первый пучок протонов разогнан в только что построенном БАК.

**19 сентября 2008 г.
КАТАСТРОФА**

В результате нагрева и расплавления изоляции обмотки электромагнитов мощный разряд пробил кожух электромагнита, и в результате было выброшено несколько тонн гелия. Более 50 магнитов были сброшены со своих фундаментов или получили другие повреждения.

**Сентябрь 2000 г.
ПОСЛЕДНЯЯ ПОПЫТКА ПОЙМАТЬ БОЗОН ХИГГСА**

Ученые на БЭПК обнаружили намеки на бозон Хиггса накануне того, как машину должны были отключить для демонтажа. Руководство дало шестинедельную отсрочку и вывело ускоритель на энергии выше заложенных в проекте, но все оказалось тщетным. Теперь мы знаем, что тот слабый сигнал был вовсе не бозоном Хиггса: он соответствовал неправильной массе.



**4 июля 2012 г.
ОБНАРУЖЕНА
ПОХОЖАЯ НА БОЗОН
ХИГГСА ЧАСТИЦА**

Ученые CERN объявили, что они открыли похожую на бозон Хиггса частицу массой 125 ГэВ.

Первый выступающий обсудил один из возможных путей, или «каналов», распада бозона Хиггса на пару W -бозонов. Небольшое превышение числа событий наблюдалось в наиболее интересной области малых масс, но этот слабый сигнал не вызвал особого воодушевления. Затем одно за другим начались выступления с сообщениями о редких четырехлептонных и двухфотонных каналах распада. Теперь действительно было похоже на то, что бозон Хиггса наконец проявился. Сигналы, полученные на основании данных экспериментов 2012 г., снова наблюдались в окрестности одного и того же значения массы, которое так сильно привлекло внимание ученых шесть месяцев назад — около 125 ГэВ. Ученые почти сразу же поняли, что если соединить новые данные с результатами, полученными в 2011 г., то у группы CMS появится большой шанс объявить об открытии бозона Хиггса. Аудитория наградила завершение двух ключевых докладов аплодисментами.

Аналогичное подобие сенсации имело место и в эксперименте ATLAS. Стихийные торжества по этому поводу возникали в нескольких группах, когда они знакомились с новыми данными. Однако потребовалось более недели напряженной работы и несколько бессонных ночей, прежде чем физики уверовали, что они могут сделать вывод: вероятность того, что эти события — результат случайных флуктуаций, меньше, чем одна трехмиллионная, что соответствует строгому критерию «пяти сигм», лишь при выполнении которого физики могут объявить об открытии. Громкие аплодисменты и радостные возгласы сопровождали момент, когда это подтвердилось.

К этому времени слухи об открытии просочились наружу. Интерес во всем мире начал расти столь быстро, что секретность была объявлена приоритетной задачей. Не должно было больше быть никаких утечек до обнаружения официального сообщения, в частности потому,

что содержание готовящихся документов могло измениться. Предполагалось, что члены группы ATLAS не будут обсуждать последние результаты с физиками из CMS и наоборот. Однако отдельные исследователи не смогли не поддаться соблазну обсудить новости, которых многие ожидали уже давно. Разговоры вполголоса в кафе и в коридорах CERN давали основания предполагать, что затевается нечто грандиозное. Не сделать открытие достоянием гласности становилось все сложнее.

Директор CERN Рольф-Дитер Хойер (Rolf-Dieter Heuer) впервые ознакомился с результатами 22 июня во время встречи с Фабиолой Джанотти и Джозефом Инканделой (Joseph Incandela) из Калифорнийского университета в Санта-Барбаре, преемником Тонелли на посту официального представителя эксперимента CMS. Хойер решил, что доказательства достаточно убедительны, чтобы объявить об открытии общественности. Он сразу же проинформировал совет CERN (руководящий орган организации), чтобы держать его членов в курсе быстро развивающихся событий. Затем Хойер решил собрать 4 июля в CERN совместный семинар, приуроченный к открытию 36-й Международной конференции по физике высоких энергий в Мельбурне, Австралия, за которым последует пресс-конференция в CERN.

В ночь перед семинаром сотни физиков пребывали в полусонном состоянии в коридорах у запертых дверей главной аудитории, в отчаянной надежде занять одно из оставшихся незарезервированными мест внутри. Майерс, Эванс и четыре бывших директора CERN, судьба которых была тесно связана с Большим адронным коллайдером с момента зарождения идеи его сооружения, сидели в первом ряду. Питер Хиггс, появившийся сразу по прибытии в Женеву, был встречен горячими продолжительными аплодисментами и сел рядом с Англером.

Инкандела, а затем Джанотти показали множество слайдов, рассказывающих о новых данных и результатах, большая часть из которых сообщала об измерениях 2012 г. Как и в декабре, графики с данными о двухфотонном канале распада показали резкие пики, выступающие в районе от 125 до 126 ГэВ. Но на этот раз эксперименты выявили более дюжины дополнительных событий, в которых тяжелая частица распалась на четыре заряженных лептона с энергией 125 ГэВ. Небольшие пики начали образовываться также и в этом канале.

Объединив этот результат с двухфотонным, исследователи *CMS* и *ATLAS* пришли к независимым выводам, что вероятность того, что это явление — призрак, вызванный случайными флуктуациями, была менее одной трехмиллионной. Оно должно быть реальным. Когда объектив телекамеры выхватил Хиггса, было видно, как он достает носовой платок, чтобы утереть выступившие слезы.

«Я думаю, мы его поймали, — воскликнул Хойер, завершая семинар под продолжительные аплодисменты присутствующих. — Мы совершили открытие, — продолжил он, впервые используя это слово. — Мы наблюдали новую частицу, которая во всем схожа с бозоном Хиггса».

Новая эра в физике?

Очень мало физиков сегодня сомневается, что обнаружена новая частица. Но что именно за частица обнаружена? Физики из *CERN* отвечают на этот вопрос осторожно, называя ее «хиггсоподобным бозоном» и настаивая, что нужны дополнительные данные, чтобы точно установить ее свойства. *CERN* еще не представил убедительных доказательств того, что новая частица обладает нулевым спином, как того требует Стандартная модель, — хотя сравнения с последними данными, полученными на Тэватроне (они были сообщены 2 июля с очевидным желанием погреться в лучах славы), дают основания полагать, что так оно и есть. К тому же в ходе экспериментов *ATLAS* и *CMS* получено больше двухфотонных событий, чем ожидалось. Может ли случиться что-то непредвиденное? Или же этот избыток указывает на новую интригующую физику?

Внимание как теоретиков, так и экспериментаторов в настоящее время сфокусировано на решении вопроса, действительно ли новая частица — тот самый бозон Хиггса, который предсказан Стандартной моделью. Получить ответ на этот вопрос можно будет, собрав дополнительные данные и точно измерив, как новая частица распадается на другие. Официальные публикации, представленные в конце июля, допускают дополнительные каналы распада, не противоречащие Стандартной модели. Группа *CMS* все еще сообщает об открытии, удовлетворяющем критерию «пяти сигм», тогда как убедительность результатов группы *ATLAS* выросла. А предварительный анализ данных, полученных на БАК и Тэватроне, проведенный теоретиками из *CERN* Джоном Эллисом (John Ellis) и Тевонгом Ю (Tevong You), показывает, что новая частица, по их словам, «действительно плавает и крикает почти как бозон Хиггса».

Связь новой частицы с парой высокоэнергетических фотонов лишь закрутила интригу. Поскольку поле Хиггса наделяет элементарные частицы массой, оно должно сильнее взаимодействовать с более тяжелыми частицами. У фотонов же массы нет, поэтому бозон Хиггса производит их посредством механизма, в котором участвуют другие, обладающие массой частицы. Кроме того, тяжелые частицы (существования которых требуют теория суперсимметрии и другие теории), вероятно, усиливают процесс — что, по-видимому, и происходит, если исходить из полученных ранее данных. Если такая тенденция продолжится, то появятся веские основания ожидать существования физических явлений, не описываемых Стандартной моделью (см.: Квиг К. *Грядущая революция в физике частиц* // *ВМН*, № 5, 2008).

Эпохальное открытие этой частицы знаменует конец длительной эры в физике элементарных частиц и начало новой захватывающей фазы в изучении явлений, лежащих на тераэлектронвольтовой шкале энергий. После нескольких десятилетий застоя эта дисциплина снова получила импульс в результате неистового взаимодействия теории и эксперимента. Остается много вопросов, на которые, возможно, найдутся ответы в результате дальнейших исследований этой захватывающей воображение частицы или ее потенциальных партнеров. Игрет ли она важную роль в инфляционном механизме, который считается движущей силой происхождения Вселенной в результате Большого взрыва? Взаимодействует ли она с частицами темной материи, которые, как полагают, заполняют космос? И какой более высокоэнергетический механизм или процесс, если таковой существует, защищает хрупкий вакуум от нестабильностей, которые могут угрожать нашему существованию?

Хотя мы празднуем триумф Стандартной модели, такой легкий бозон Хиггса должен быть чрезвычайно чувствительным к физике, стоящей за ее пределами. Эта частица открывает сказочную новую лабораторию для дальнейших экспериментов. Действительно ли ее свойства в точности таковы, как было предсказано? Очевидные расхождения в предварительных данных — это, вероятно, случайные флуктуации, которые исчезнут через несколько месяцев. А возможно, они тонко намекают на новую интригующую физику. ■

Перевод: А.П. Кузнецов

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Кейн Г. Загадки массы // *ВМН*, № 10, 2005.
- Квиг К. Грядущая революция в физике частиц // *ВМН*, № 5, 2008.
- Коллинз Г. Фабрика открытий // *ВМН*, № 5, 2008.
- Эксперимент *ATLAS*: <http://atlas.ch>
- Эксперимент *CMS*: <http://cms.cern.ch>