

# ПОПАСТЬ

# В ДЕСЯТКУ

## Бозон Хиггса – последний аккорд физики элементарных частиц?

*Наблюдаемые уже сейчас в отдельных реакциях распадов бозона Хиггса значительные отклонения от четких предсказаний Стандартной модели, возможно, позволят заглянуть за край современного понимания физики фундаментальных частиц*

В июле 2012 г. в Европейском центре ядерных исследований (ЦЕРН) две независимые группы исследователей, ведущие эксперименты на детекторах ATLAS и CMS на Большом адронном коллайдере (БАК), сообщили об обнаружении новой «частицы, похожей на бозон Хиггса». Эта частица играет ключевую роль в современной физике элементарных частиц, ее существование необходимо для непротиворечивого замыкания так называемой Стандартной модели – теории, которая

ШИЛЬЦЕВ Владимир Дмитриевич – директор Центра ускорительной физики лаборатории Fermilab (Accelerator Physics Center), Чикаго, США. Пять лет руководил крупнейшим в мире ускорителем Tevatron (США, 2001–2005). Изобретатель метода «электронных линз» для коллайдеров. Почетный член Американского физического общества. Член Координационного совета Международной ассоциации русскоговорящих ученых RASA (Russian American Scientists Association). Организатор Ломоносовских чтений в Вашингтоне (США, ноябрь 2011 г.). Лауреат Европейской премии по ускорителям EPS-AG (2004). Автор более 200 научных работ

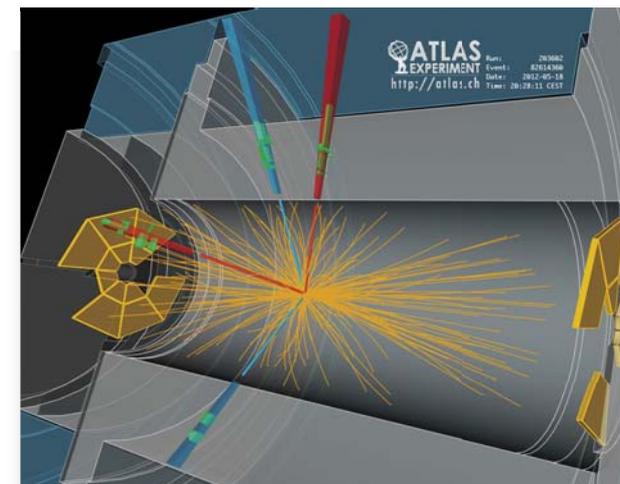
В конце 2012 г. авторитетные научные и информационные журналы по сложившейся традиции подвели итоги года, составив списки наиболее важных научных достижений. Эксперты *Science* – одного из самых известных и старейших изданий – также озвучили десятку наиболее важных научных прорывов прошедшего года. Все они являются яркими примерами того, что наука нашего времени из удела гениальных одиночек во многом превратилась в эффективное производство знаний, в котором участвуют сложное дорогое оборудование, выстроенная инфраструктура и интернациональные исследовательские коллективы.

По нашей просьбе известные ученые прокомментировали некоторые из открытий, вошедших в «горячую десятку» журнала «Science». Выбор как научных результатов, так и авторов комментариев – специалистов в соответствующих областях знания – преследовал цель показать состояние и оценить значение и перспективы открытий для мировой и отечественной науки по самым актуальным направлениям современных исследований.

в настоящее время дает наиболее глубокое и полное описание происходящих в микромире процессов.

Обнаружение новой частицы – кванта поля Хиггса, приводящее к появлению массы у всех частиц, вызвало широкий резонанс не только потому, что стало выходом на одно из фундаментальнейших свойств материи

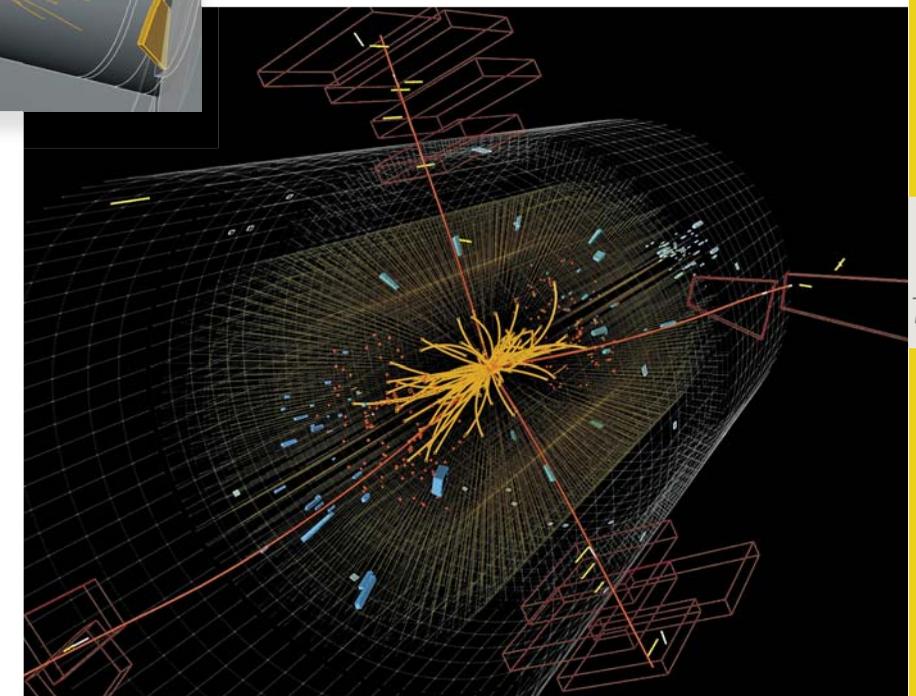
Распад частицы, предположительно, бозона Хиггса с массой 124,5–124,6 ГэВ на четыре электрона. Событие было зарегистрировано детектором ATLAS 18 мая 2012 г. Треки мюонов и электронных пар изображены красным и синим. © CERN



Одно из событий, в котором предположительно наблюдается распад бозона Хиггса на четыре мюона (красные линии) с высокими энергиями. © 2012 CERN.

**Ключевые слова:** бозон Хиггса, Большой адронный коллайдер, Стандартная модель  
**Key words:** Higgs boson, Large Hadron Collider, the Standard Model

© В.Д. Шильцев, 2013



и Вселенной, но и благодаря невиданному размаху вложений (около 10 млрд долларов) и огромным усилиям. БАК и детекторы строили, что называется, всем миром\*, а в исследованиях принимают участие более 6000 научных сотрудников, из них – более 300 из России. Кроме того, этот проект сопровождало невиданно широкое освещение в средствах массовой информации – подобного внимания удостоилось лишь открытие кварков 40 лет назад.

Что обычно остается «за скобками» в освещении этого исторического события?

Во-первых, то, что этот завершающий аккорд Стандартной модели может привести к тому, что не останется больше открытий в пределах досягаемости современных инструментов – в частности, БАКа. Остается только надеяться, что наблюдаемые уже сейчас в отдельных реакциях распадов обнаруженной частицы значительные отклонения от весьма четких предсказаний Стандартной модели окажутся правдой, и это позволит нам заглянуть за край современного понимания физики фундаментальных частиц и понять, что кроется за неожиданной сложностью самой модели. Эти исследования вполне могут занять еще лет 8–10 работы БАКа.

\* Тихонов Ю. А. В поисках начала всех начал // «НАУКА из первых рук». 2012. № 3(45)

Во-вторых, то, как долго физики шли к этому открытию – начиная с пионерных теоретических работ почти 50-летней давности, через попытки экспериментального обнаружения новой частицы на ускорителях LEP в ЦЕРНе в 1990-х годах, и Теватрон в Фермилабе (США) в 2001–2011 гг., где исследователи ясно «увидели» эту же частицу, но со статистической значимостью «всего лишь» 99,7 %, т. н. «3 сигма», что было недостаточно для объявления об открытии, требующем статистической значимости в «5 сигма» или лучше.

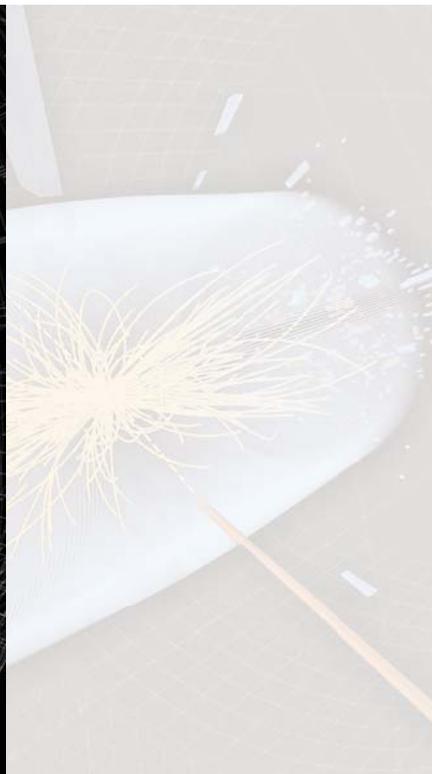
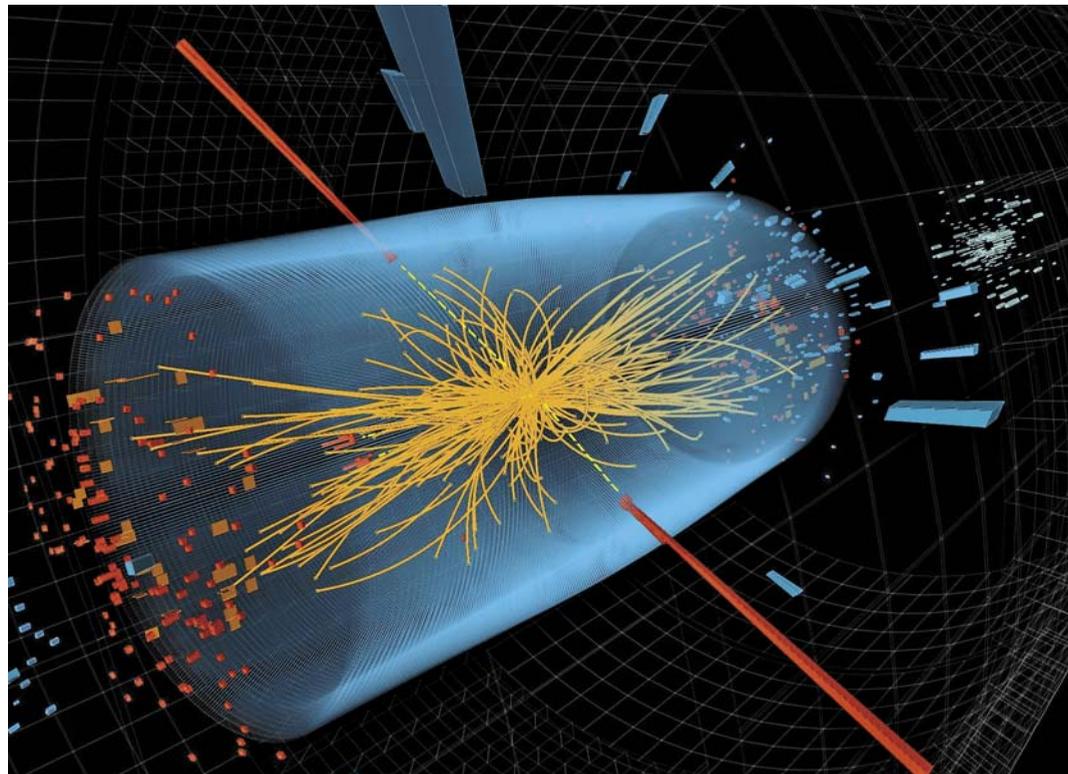
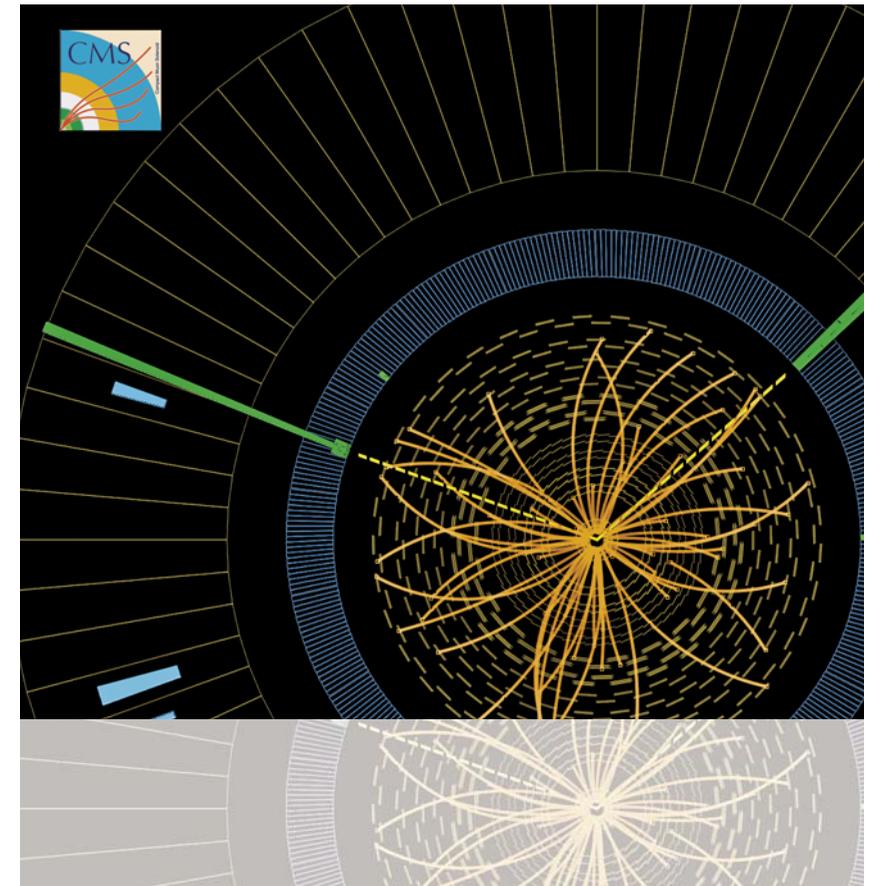
И в-третьих, следует признать, что современная физика фундаментальных взаимодействий и частиц переживает естественный конец периода экстенсивного роста. Если 100 лет назад первые опыты Резерфорда по обнаружению атомного ядра стоили, условно говоря, 1000 долларов, то ускорители, на которых обнаружили кварки – уже десятки миллионов. Строительство и работа Теватрона обошлись в более чем 1 миллиард, а БАК, как упоминалось выше, уже в 10 миллиардов (при этом как минимум треть или даже половину этой

Зарегистрированный детектором CMS распад бозона Хиггса на два фотона с высокими энергиями (красные линии). Желтые линии – треки других частиц, возникших в результате столкновения. Голубой цилиндр изображает кристаллический калориметр детектора CMS.  
© 2012 CERN

В список авторов открытия вошли заместитель директора ИЯФ Юрий Тихонов, научные сотрудники Сергей Пелеганчук, Алексей Масленников, Алексей Талышев и Кирилл Сквепень

Траектории частиц, родившихся в результате столкновения двух протонов с суммарной энергией 8 ТэВ, зарегистрированные детектором CMS. Характеристики этого события позволяют предполагать что в нем наблюдается распад бозона Хиггса на два фотона (прерывистые желтые линии, переходящие в зеленые столбики).  
© 2012 CERN

Питер Хиггс во время посещения детектора ATLAS.  
© 2012 CERN



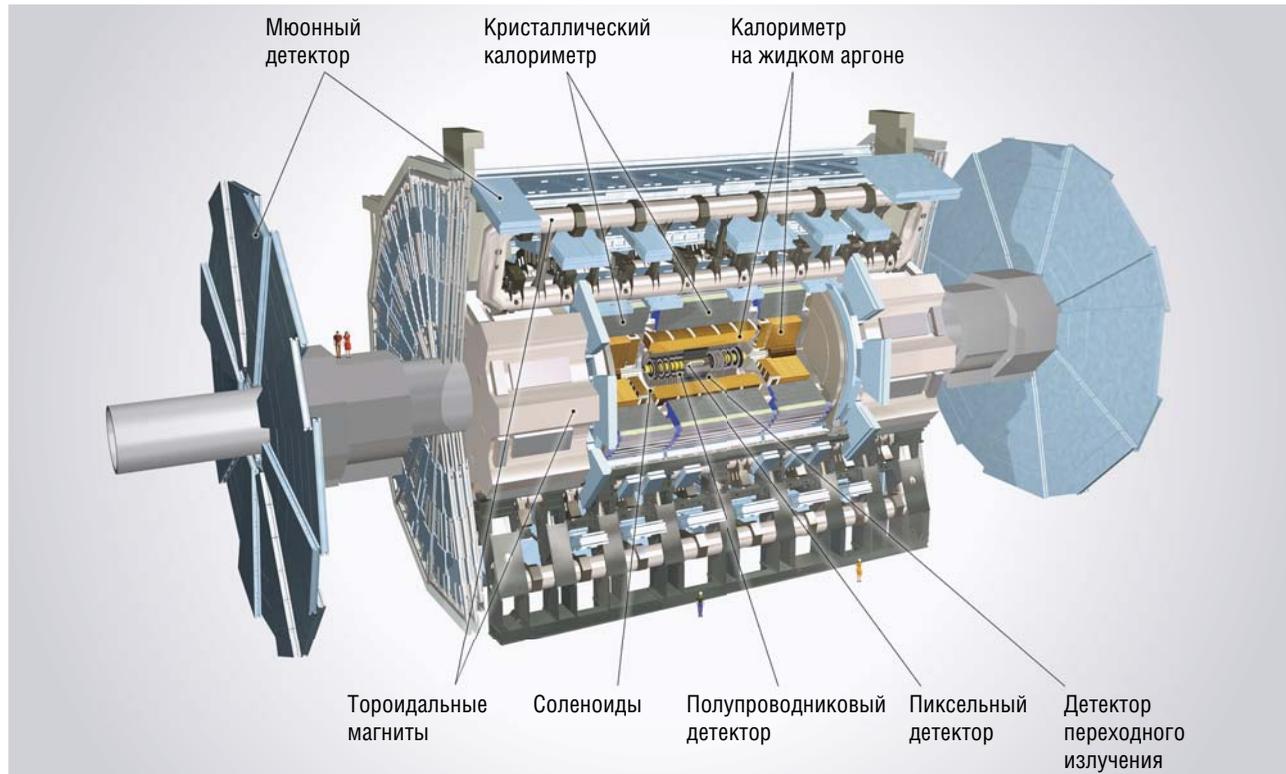
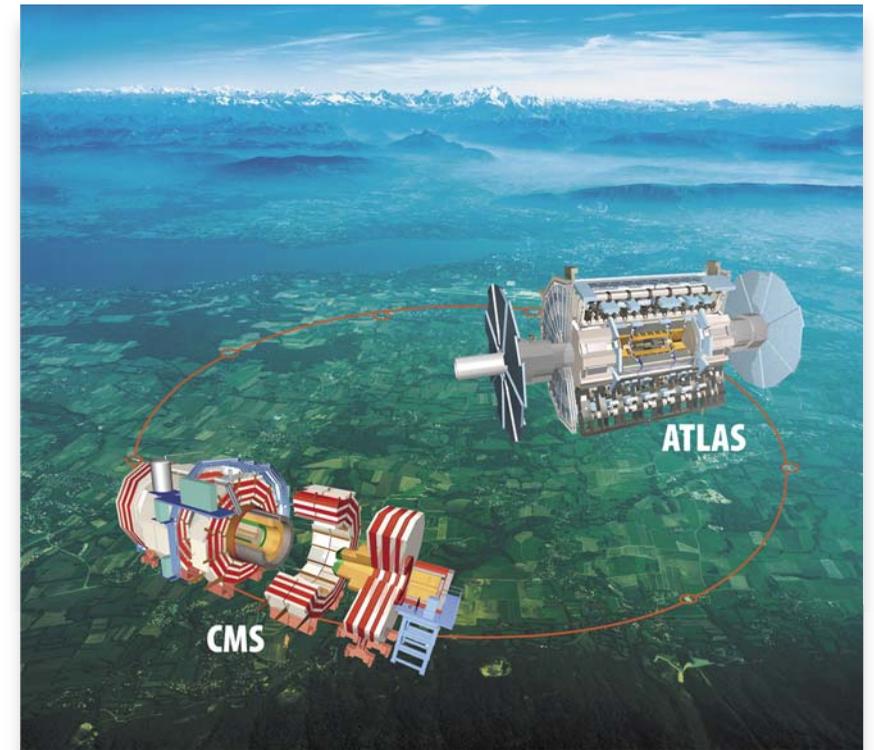


Схема детектора ATLAS – он состоит из нескольких систем обнаружения элементарных частиц и измерения их энергии в которых используются разные физические принципы. © 2012 CERN

Схема расположение детекторов ATLAS и CMS на кольце Большого адронного коллайдера. © CERN

Распад частицы, предположительно бозона Хиггса, с массой 122,6–123,9 ГэВ на два электрона и два мюона. Событие зарегистрировано детектором ATLAS 18 июня 2012 г. Треки мюонов изображены красным, треки электронов – зеленым. © CERN



суммы придется потратить в следующие 10 лет работы).

Простое увеличение размера и стоимости физических установок такого типа невозможно из-за финансовых ограничений, что находится в явном противоречии с желаниями физиков иметь доступ к энергиям как минимум в 10–100 раз большим, чем у БАКа. Так что следующие два-три десятилетия вполне могут пройти в поисках либо новых экономических методов ускорения, либо новых неортодоксальных способов проведения фундаментальных исследований. Ввиду этой неопределенности, вполне понятен заключительный комментарий соответствующей статьи декабрьского выпуска журнала Science – «Будет ли физика частиц когда-либо в состоянии сделать еще одно открытие, сравнимое с бозоном Хиггса?»

Поперечное сечение раскрытого детектора CMS. Видны блоки чувствительных элементов детекторов и магниты

