

## Бозон Хиггса

Рейтер Кирилл Александрович  
Кандидат философских наук, доцент  
Россия, Москва  
E-mail: [Cyrill\\_reiter@mail.ru](mailto:Cyrill_reiter@mail.ru)  
SPIN-код: 5898-5790

Долгое время остававшаяся неуловимой, так называемая «частица Бога», наконец открыта. Бозон Хиггса был недостающей деталью теоретической конструкции физики элементарных частиц. В статье рассматриваются ключевые аспекты открытия самой долгожданной частицы – бозона Хиггса.

Ключевые слова: открытие, элементарная частица, поле, атом, ядро.

Бозон Хиггса – это самая загадочная и в плане открытия самая дорогая элементарная частица за все время существования теоретической конструкции в физике элементарных частиц. Если для открытия электрона в 1897 году британскому физика Джозефу Джону Томсону в Кавендишской лаборатории Кембриджского университета было достаточно вакуумной трубки Гейсслера, то поиск бозона Хиггса потребовал создания экспериментальной энергии, которую редко встретишь на Земле. Большой адронный коллайдер (Large Hadron Collider) будучи одним из самых известных и успешных научных экспериментов, но его профильная частица, как и раньше, окутана тайной для большей части населения.

Так что же такое бозон Хиггса и в чем важность его открытия? Почему он стал предметом столь большой шумихи, финансирования и дезинформации? По двум причинам. Во-первых, он был последней неоткрытой частицей, необходимой для подтверждения Стандартной модели физики. Ее открытие означало, что целое поколение научных публикаций не было напрасным. Во-вторых, этот бозон дает другим частицам их массу, что придает ему особое значение и некоторое «волшебство». Современное естествознание имеет представление о массе как о внутреннем свойстве вещей, но физики считают иначе. Говоря простым языком, бозон Хиггса – это частица, без которой массы принципиально не существует.

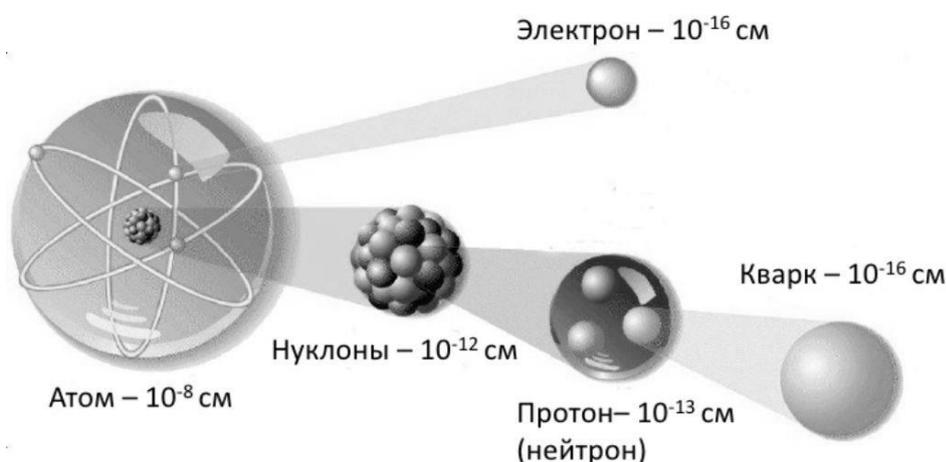


Рис. 1. Структура атома.

Причина загадочности последней элементарной частицы кроется в так называемом поле Хиггса. Оно было постулировано британским физиком Питером Хиггсом в его фундаментальных статьях, вышедших в 1964 году, поскольку физики его рассчитали для

нужд своих собственных теорий и наблюдений, требовавших наличия нового поля, действие которого распространялось бы на всю Вселенную. Подкрепление гипотез путем изобретения новых составляющих Вселенной опасно. В прошлом, например, это привело к созданию теории эфира. Но чем больше производилось математических расчетов, тем больше физики понимали, что поле Хиггса должно существовать в реальности. Единственной проблемой было отсутствие практических возможностей его наблюдения.

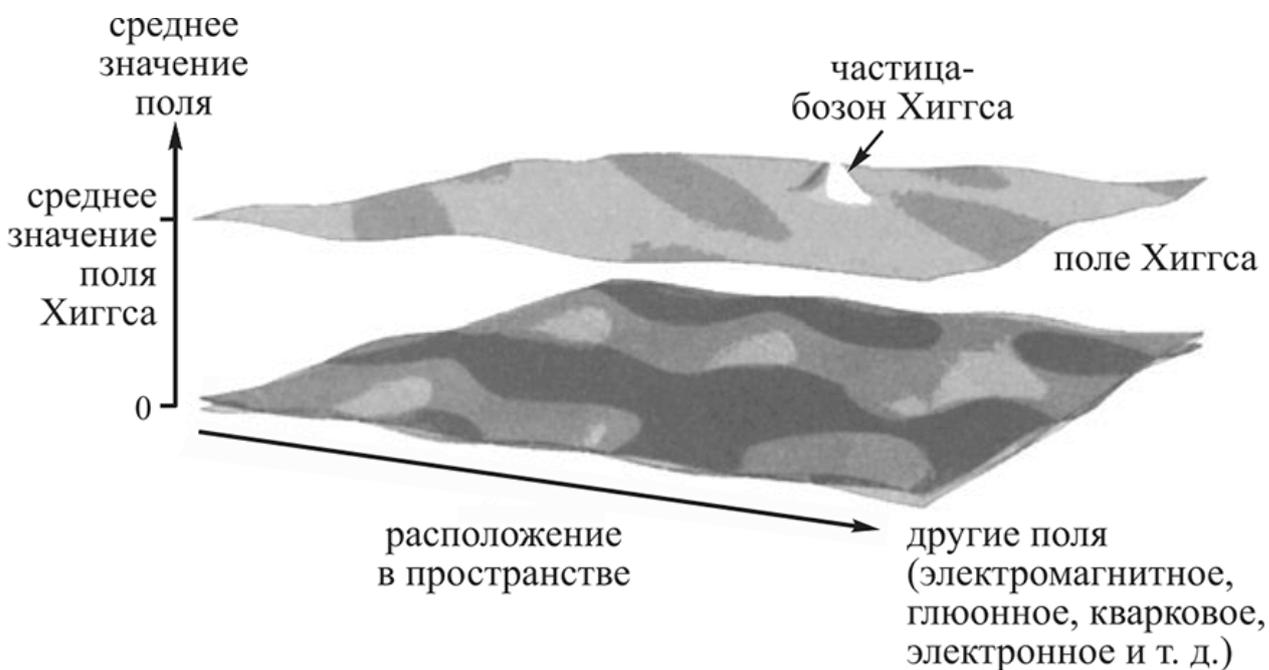


Рис. 2. Поле Хиггса.

Бозон Хиггса имеет множество уникальных свойств, позволившим получить ему еще одно название – «частица Бога». Открытый квант обладает цветным и электрическими зарядами, а его спин по факту равняется нулю. Это означает, что он не имеет квантового вращения. К тому же, бозон полноценно участвует в гравитационных реакциях и склонен к распаду на пары из  $b$ -кварка и  $b$ -антикварка, фотонов, электронов и позитронов в сочетании с нейтрино. Однако параметры этих процессов по ширине не превышают 17 мегаэлектронвольт (МэВ). Помимо вышеперечисленных характеристик частица Хиггса способна распадаться на лептоны и  $W$ -бозоны. Но, к сожалению, они видны недостаточно хорошо, что значительно осложняет изучение, контроль и анализ явления. Однако в те редкие моменты, когда их все же получалось фиксировать, удалось установить, что они вполне соответствуют типичным для таких случаев физическим моделям элементарных частиц.

В 2013 году профессор Эдинбургского университета Питер Уэйр Хиггс и бельгийский физик-теоретик Франсуа Энглер получили Нобелевскую премию по физике за открытие и обоснование существования механизма, позволяющего понять, как и из чего происходят массы элементарных частиц. Однако задолго до этого уже проводились различные эксперименты и попытки открыть бозон Хиггса. Еще в 1993 году в Западной Европе начались подобные исследования с использованием мощностей Большого электронно-позитронного коллайдера (Large Electron-Positron collider). Но в итоге они не смогли в полном объеме принести результатов, ожидаемых организаторами данного проекта. К изучению вопроса подключалась и российская наука. Так в 2008-2009 гг. небольшой командой ученых ОИЯИ был произведен уточненный расчет массы хиггсовского бозона. Совсем недавно, весной 2015 года, коллаборации, известные всему научному миру, ATLAS и CMS, вновь провели корректировку массы хиггсовского бозона, которая, по этим сведениям, приблизительно равна  $125,09 \pm 0,24$  гигаэлектронвольтов (ГэВ).

Вполне естественно, что программа поиска бозона Хиггса была с самого начала одной из главных, если не самой главной, на Большом адронном коллайдере. В ходе выполнения этой программы и была открыта новая частица. Она довольно тяжелая по меркам физики микромира. В этой области науки массу измеряют в единицах энергии, имея в виду связь  $E = mc^2$  между массой и энергией покоя. В качестве единицы энергии используют электронвольт (эВ) – энергию, которую приобретает электрон, проходя разность потенциалов 1 вольт, и производные единицы – МэВ (миллион электронвольт,  $10^6$  эВ), ГэВ (миллиард электронвольт,  $10^9$  эВ), ТэВ (триллион электронвольт,  $10^{12}$  эВ). Масса электрона в этих единицах равна 0,5 МэВ, протона – примерно 1 ГэВ, масса самой тяжелой известной элементарной частицы,  $t$ -кварка, – 173 ГэВ. Так вот, масса новой частицы составляет 125–126 ГэВ<sup>1</sup>.

В Стандартной модели физики элементарные частицы получают массу посредством механизма, основанного на существовании поля Хиггса, пронизывающего все пространство. Он создает бозоны Хиггса, для чего требуется большое количество энергии, и это является главной причиной того, почему ученые нуждаются в современных ускорителях частиц для проведения высокоэнергетических экспериментов.

Так откуда же берется масса материального тела. Сила слабых ядерных взаимодействий с ростом расстояния быстро падает. Согласно квантовой теории поля, это означает, что частицы, которые участвуют в ее создании –  $W$ - и  $Z$ -бозоны, – должны обладать массой, в отличие от глюонов и фотонов, у которых массы нет. Проблема заключается в том, что калибровочные теории оперируют только безмассовыми элементами. Если калибровочные бозоны имеют массу, то такая гипотеза не может быть разумно определена. Механизм Хиггса позволяет избежать этой проблемы путем введения нового поля, называемого полем Хиггса. При высоких энергиях калибровочные бозоны массой не обладают, и гипотеза работает, как ожидалось. При низких энергиях поле вызывает нарушение симметрии, которое позволяет элементам иметь массу.

Поле Хиггса порождает частицы, называемые бозонами Хиггса. Теорией их масса не оговаривается, но в результате эксперимента было определено, что она равна 125 ГэВ. Говоря простым языком, бозон Хиггса своим существованием окончательно подтвердил Стандартную модель. Механизм, поле и бозон носят имя шотландского ученого Питера Хиггса. Хотя он и не был первым, кто предложил эти понятия, а, как это часто случается в физике, просто оказался тем, в честь кого они были названы.

Одним из наиболее интереснейших и невероятных фактов о хиггсовском бозоне является то, что его, по сути, не существует в природе. Следовательно, эта частица, в отличие от остальных фундаментальных элементов, не находится в окружающем нас пространстве. Объясняется это тем, что бозон Хиггса исчезает практически моментально после своего рождения. Происходит такая мгновенная метаморфоза посредством распада частицы. При этом за свое наикратчайшее существование бозон даже не успевает войти во взаимодействие с чем-либо еще.

Также весьма интересными и привлекающими к себе внимание фактами можно назвать, так называемые «прозвища», которые были присвоены хиггсовскому бозону. Эпатажные названия попадали в общественное использование благодаря средствам массовой информации. Одно из них было придумано вновь открытому кванту лауреату Нобелевской премии по физике за открытие мюонного нейтрино Леоном Ледерманом, и звучало как «чертова частица». Однако оно не было пропущено в печатное издание труда редактором и было заменено на «частицу Бога» или «божью частицу».

Несмотря на популярность ледермановских «прозвищ», данных им бозону Хиггса, подавляющее большинство ученых не одобряют их и чаще используют другое «простонародное» название. Оно переводится как «бозон бутылки с шампанским». Основой для появления такой терминологии в обозначении хиггсовского бозона послужило

---

<sup>1</sup> Рубаков В. К открытию бозона Хиггса. // Квант. – 2012. № 5-6. – С. 2.

некое сходство его комплексного поля с дном стеклянной бутылки из-под шампанского. Не меньшее значение для ученых «озорников» имеет и аллегоричное сравнение, намекающее на обилие выпитого шампанского по поводу открытия важной частицы.

Стоит обратить внимание и на то, что имеют место быть, так называемые, бесхиггсовы физические модели, разработанные еще до открытия бозона. Они предполагают своеобразное расширение стандартности.

Считалось, что поле Хиггса несет ответственность за то, что частицы, которые имеют массу не должны, ею обладали. Это универсальная среда, наделяющая частицы без массы различными массами. Такое нарушение симметрии объясняют по аналогии со светом – все длины волн движутся в вакууме с одинаковой скоростью, в призме же каждая длина волны может быть выделена. Это, конечно, некорректная аналогия, так как белый свет содержит все длины волн, но пример показывает, как представляется создание полем Хиггса массы благодаря нарушению симметрии. Призма ломает симметрию скорости различных длин волн света, разделяя их, и поле Хиггса, как полагают, ломает симметрию масс некоторых частиц, которые в противном случае симметрично безмассовы.

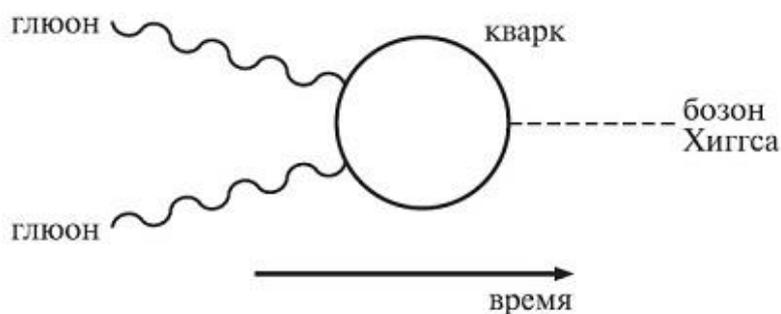


Рис. 3. Слияние двух глюонов и образование бозона Хиггса через промежуточную стадию рождения виртуальных кварков.

Многие годы планирования позволили Большому адронному коллайдеру (ЛHC) стать опытом, достаточным для потенциального опровержения теории бозона Хиггса. 27-км кольцо сверхмощных электромагнитов может ускорить заряженные частицы до значительных долей скорости света, вызывая столкновения достаточной силы, чтобы разделить их на составляющие, а также деформировать пространство вокруг точки удара. Согласно расчетам, при энергии столкновения достаточно высокого уровня можно зарядить бозон так, что он распадется и это можно будет наблюдать. Эта энергия была настолько большой, что некоторые даже запаниковали и предрекали конец света, а фантазия других разошлась настолько, что обнаружение бозона Хиггса описывалось как возможность заглянуть в альтернативное измерение.

Первоначальные наблюдения, казалось, на самом деле опровергали предсказания, и никаких признаков частицы обнаружить не удалось. Некоторые исследователи, участвовавшие в кампании за расходование миллиардов долларов, даже появились на телевидении и кротко констатировали факт, что опровержение научной теории столь же важно, как и его подтверждение. Через некоторое время, однако, измерения стали складываться в общую картину, и 14 марта 2013 г. Европейский Центр ядерных исследований (CERN) официально объявил о подтверждении существования частицы. Есть основания предполагать существование множественных бозонов, но эта идея нуждается в дальнейшем изучении. Через два года после того как CERN объявил об открытии частицы, ученые, работающие на Большом адронном коллайдере, смогли это подтвердить. С одной стороны, это стало огромной победой науки, а с другой много ученых было разочаровано. Если кто-то надеялся, что бозон Хиггса окажется частицей, которая приведет к странным и удивительным областям за пределами Стандартной модели – суперсимметрии, темной материи, темной энергии, – то, к сожалению, это оказалось не так. Исследование,

опубликованное в Nature Physics, подтвердило распад на фермионы. Стандартная модель предсказывает, что, говоря простым языком, бозон Хиггса является частицей, которая дает фермионам их массу. Детектор CMS коллайдера, наконец, подтвердил их распад на фермионы – нижние кварки и тау-лептоны.

Данное исследование окончательно подтвердило, что это бозон Хиггса, предсказанный Стандартной моделью физики элементарных частиц. Он расположен в области массы-энергий 125 ГэВ, не имеет спина, и может распадаться на множество более легких элементов – пар фотонов, фермионов и т. д. Благодаря этому можно уверенно говорить о том, что бозон Хиггса, простым языком говоря, является частицей, дающей массу всему.

Разочаровало стандартное поведение новооткрытого элемента. Если бы его распад хоть немного отличался, он был бы связан с фермионами иначе, и возникли бы новые направления исследований. С другой стороны, это означает, что мы ни на шаг не продвинулись за пределы Стандартной модели, которая не учитывает гравитацию, темную энергию, темную материю и другие причудливые явления реальности.

Сейчас можно только догадываться о том, чем они вызваны. Наиболее популярна теория суперсимметрии, которая утверждает, что каждая частица Стандартной модели имеет невероятно тяжелого суперпартнера (таким образом, составляя 23 % Вселенной – темной материи). Обновление коллайдера с удвоением его энергии столкновений до 13 ТэВ, вероятно, позволит обнаружить эти суперчастицы. В противном случае суперсимметрии придется подождать постройки более мощного приемника LHC.

Дальнейшие перспективы исследования данного вопроса основано на подтвержденном существование бозона Хиггса, но до полного его понимания еще очень далеко. Опровергнут ли будущие опыты суперсимметрию и идею о ее разложении на саму темную материю? Или они подтвердят все, до мельчайших подробностей, предсказания стандартной модели о свойствах бозона Хиггса и с данной областью исследований будет покончено навсегда?

Современная наука не стоит на месте, а непрерывно и неуклонно развивается. Накопленные в сегодняшней физике и смежных с ней областях знания, позволили не только предсказать, но и, собственно говоря, совершить открытие бозона Хиггса. Но изучение его свойств и обозначение сфер применения добытых сведений находится лишь в начальной стадии. Поэтому современным физикам и астрономам еще предстоит много работы и экспериментов, связанных с исследованием этой основополагающей для Вселенной частицы.

#### Список литературы

1. Сэмпл И. В поисках частицы Бога, или охота на бозон Хиггса. – М.: Колибри, 2012.
2. Рубаков В. К открытию бозона Хиггса. // Квант. – 2012. № 5-6. – С. 2-10.