

Питер Хиггс во время лекции в Эдинбургском университете, 2007 год. Фото с сайта volkskrant.nl

8 апреля мир узнал о кончине физика-теоретика, профессора Эдинбургского университета и лауреата Нобелевской премии Питера Хиггса. Хиггс прежде всего известен как один из авторов теории, описывающей механизм, благодаря которому субатомные частицы приобретают массу. В 2012 году, после многолетних экспериментов на Большом адронном коллайдере, было объявлено об открытии хиггсовского бозона, — эту весть можно считать окончательным триумфом теории, над которой в 1960-х годах работали Хиггс и ряд других теоретиков. Алексей Левин рассказывает о жизни и работах этого замечательного ученого.

Очень короткое введение

О Питере Хиггсе уже давно наслышан весь мир. Однако известность за пределами научного сообщества пришла к нему довольно поздно, уже после выхода в отставку в 1996 году в звании почетного профессора (professor emeritus). Помимо присужденной в 2013 году Нобелевской премии, он, начиная с 1997 года, получил от различных университетов шестнадцать почетных докторских степеней. В его alma mater в Эдинбурге с 2012 года работает названный в его честь Центр теоретической физики (Higgs Centre for Theoretical Physics).

Однако главный и нестареющий со временем знак признания выпал на долю Хиггса еще несколько десятилетий назад, когда коллеги по профессии впервые в истории физической науки присвоили его имя тогда еще гипотетической элементарной частице. Она была открыта в экспериментах на Большом адронном коллайдере через 48 лет после того, как в 1964 году возможность ее существования была с разной степенью определенности продемонстрирована в публикациях самого Хиггса, физиков из брюссельского Свободного университета бельгийца Франсуа Энглера и американца Роберта Браута и сотрудников лондонского Имперского колледжа Джеральда Гуральника и Томаса Киббла, работавших вместе с гостем из США Карлом Ричардом Хагеном. Из этой славной плеяды сейчас живы только двое, 91-летний Энглер и 87-летний Хаген. Так что здесь мы имеем дело с вполне чистым примером того, что в науковедении называется множественным (в данном случае, тройным) открытием, выполненным независимыми акторами, будь то отдельные ученые или научные коллективы.

Здесь необходимо уточнение. Перечисленные ученые открыли физический процесс,

благодаря которому безмассовые калибровочные поля (см. седьмую главу моей монографии «Этюды о частицах: от рентгеновских фотонов до бозона Хиггса») могут обретать массу в результате спонтанного нарушения симметрии. Этот феномен получил в литературе название механизма Хиггса, или механизма Андерсона — Хиггса, поскольку его еще в 1962 году описал (правда, в нерелятивистском контексте) известный специалист по физике многочастичных систем американец Филип Уоррен Андерсон (см. Филип Андерсон: добрый и злой гений бозона Хиггса, «Элементы», 04.07.2022). Прочие участники не попали в эту номинацию, что, конечно, нельзя назвать справедливым. Более того, сходные идеи просматриваются в квантовой теории сверхпроводимости, развитой в середине прошлого столетия Львом Давидовичем Ландау и Виталием Лазаревичем Гинзбургом. Наконец, к той же модели обретения массы чуть позже Хиггса и остальных героев 1964 года пришли двое молодых московских физиков, чьи имена я еще назову. Однако название «бозон Хиггса» отражает личный вклад Питера Хиггса вполне адекватно — почему именно, будет рассказано позднее. На этом необходимом уточнении с введением можно закончить.

Питер Хиггс: предки, семья, детство и юность

Питер Уэйр Хиггс (Peter Ware Higgs) появился на свет 29 мая 1929 года в старинном английском городе Ньюкасле-на-Тайне, основанном в качестве римского военного поста и предмостного укрепления во втором столетии нашей эры в годы правления императора Адриана. «По крови», если это выражение здесь уместно, Хиггс был на четверть шотландцем и на три четверти чистым бриттом. Однако среди его далеких предков были саксонские земледельцы, которые за много поколений до его рождения перебрались в Англию.

Дед Питера со стороны отца житель Бристоля Альберт Хиггс умер в 1911 году где-то на рубеже пятидесятилетия — или, что не исключено, покончил счеты с жизнью, полностью разорившись из-за любви к азартным играм. Его вдова Шарлотта осталась с тринадцатилетним сыном Томом на руках совершенно без средств и смогла его вырастить только благодаря помощи родственников. Томас Хиггс (1898–1962) был способным мальчиком и, оставшись без отца, получил субсидию для продолжения обучения в Бристольской грамматической школе, где особенно успевал в латыни и других классических дисциплинах. Он рос очень религиозным и всерьез думал о духовной карьере в англиканской церкви. Однако в ноябре 1916 года восемнадцатилетнего юношу отправили сражаться за короля и отечество на север Франции, где он и находился вплоть до капитуляции кайзеровской Германии. В ходе тяжелейших боев он изрядно растерял уважение если не к религии, то к военным

священникам, без устали благословлявшим солдат на убийство себе подобных. Тогда же он сильно заинтересовался радиотехникой и после демобилизации поступил на инженерное отделение Бристольского университета, которое окончил в 1922 году. Получив весьма неплохую должность заместителя главного инженера отделения корпорации Би-Би-Си в Ньюкасле, он через два года женился на сестре своего фронтового друга Гертруде Когхилл (1895–1969). Через пять лет у них родился будущий предсказатель первой и пока единственной элементарной частицы, обнаруженной в нашем столетии.

Судьба не подарила маленькому Питу крепкого здоровья. Практически с рождения он страдал сильнейшей экземой, на смену которой позднее пришла астма. Из-за нее родители почти не позволяли Питу играть со сверстниками и отложили его поступление в начальную школу. В результате он сел за парту только в сентябре 1935 года, на год позже положенного срока. К тому времени он уже свободно читал и писал, из-за чего сразу попал в третий класс. Благодаря воспитанной еще дома любознательности, упорству в занятиях и великолепной памяти, он учился легко и с удовольствием. К сожалению, его учебу трижды прерывали тяжелые бронхиты — в семь лет, в девять, и в одиннадцать. Вина за эти приступы в немалой степени лежала на отце, страстном курильщике, которому в конце концов семейный доктор попросту запретил пускать дым в сторону сына. Единственным плюсом этого печального опыта оказалось то, что сам Питер Хиггс никогда в жизни не притрагивался к сигаретам.

В 1940 году Питер поступил в грамматическую школу в окрестностях Бирмингема, где проучился два года. Среднее образование он завершил в 1946 году на родине родителей в Бристоле, где жил вместе с матерью и где их регулярно навещал отец, которого начальство перевело в Бедфорд. К счастью, к четырнадцати годам его астма прошла и больше не возвращалась.

Готемская средняя школа, где прошла вторая половина школьной жизни Питера, бережно хранила память о своем гениальном выпускнике 1918 года Поле Дираке, который к тому времени уже давно был всемирно известным физиком и Нобелевским лауреатом (во время учебы Дирака она называлась школой при бристольском Техническом колледже). Питер разделял преклонение перед Дираком, но сам о карьере физика не думал. Правда, он читал и понимал отцовские книги по элементарной математике и основам матанализа, который был за рамками школьной программы. Кроме математики, он отлично шел по химии и языкам, получая за эти предметы школьные призы. За два года до окончания школы он стал читать и популярные книги по физике, хотя тут обошлось без наград. В общем, он был очень хорошим учеником, но отнюдь не вундеркиндом, и в те годы никто не мог бы

предположить в нем будущего нобелиата.

А потом в его жизни случилось то, что психологи называют сменой гештальта, — причем совершенно внезапно. Этот процесс, как ни странно, запустила атомная бомбардировка Хиросимы и Нагасаки. Через месяц с небольшим, в начале октября 1945 года, профессора Бристольского университета Невилл Мотт и Сесил Фрэнк Пауэлл (оба в будущем — Нобелевские лауреаты) выступили перед земляками с публичной лекцией о ядерной физике и ее применении для создания нового оружия. В набитой до предела университетской аудитории был и Хиггс, который оказался очень благодарным слушателем. После этого Пауэлл прочел еще несколько лекций о поиске новых частиц в космических лучах с помощью толстослойных фотоэмульсий, которым активно занималась его команда. Полученная там информация еще больше стимулировала Питера на изучение физики.

Путь к профессии

Свой последний школьный год Питер Хиггс провел в Лондоне, куда в конце войны перевели его отца. Завершив в 1947 году среднее образование, он стал студентом лондонского Королевского колледжа, основанного в 1829 году под покровительством тогдашнего британского монарха Георга IV и знаменитого победителя в битве при Ватерлоо герцога Веллингтона. Через два года Хиггс получил диплом бакалавра теоретической физики, став первым студентом своего колледжа, который решил специализироваться по этой недавно введенной в программу дисциплине. Он хотел делать докторскую диссертацию по физике частиц, однако один из наставников убедил его, что успех здесь далеко не гарантирован. В результате Хиггс переключился на молекулярную физику и в 1954 году получил докторскую степень за рентгеноструктурный анализ молекулярных кристаллов. В 1955 году он стажировался в Эдинбургском университете, правда, недолго. Однако четыре года спустя, после непродолжительного пребывания на временных должностях еще в двух лондонских вузах, Университетском колледже и Имперском колледже, он окончательно утвердился в Эдинбурге, где и проработал без перерыва до выхода в отставку. В 1980 году он стал профессором теоретической физики, тремя годами позже был избран членом Королевского общества, а на следующий год он был награжден весьма престижной Резерфордской медалью. В 1999 году Хиггс отказался от предложенного ему дворянства и тем упустил возможность стать сэром Питером.

Научный багаж Хиггса на удивление невелик — во всяком случае, в контексте его нынешней известности. В конце 1950-х годов он опубликовал пару статей по общей

теории относительности, которые сейчас полностью забыты. Его звездный час пришел летом 1964 года, когда он 24 июля закончил и отправил в черновский журнал *Physics Letters* короткую (где-то всего в тысячу слов) статью с наброском его будущего подхода к решению проблемы кажущейся безмассовости калибровочных бозонов, которые в то время уже рассматривались в качестве переносчиков слабых взаимодействий.

В последней фразе он пообещал, что что подробнее представит свои идеи в последующей публикации, которая уже не за горами. Эта заметка появилась в печати 15 сентября (P. W. Higgs, 1964. Broken Symmetries, Massless Particles and Gauge Fields). Второй текст с конкретным примером работы своей модели Хиггс подготовил уже к 31 июля, но редактор *Physics Letters* Жак Прентки его отклонил, сочтя слишком далеким от реальных проблем физики частиц. Тогда, после новой доработки, Хиггс послал свою рукопись в США, где она и была напечатана (P. W. Higgs, 1964. Broken Symmetries and the Masses of Gauge Bosons). Два года спустя он представил свои результаты во второй и последней статье несколько большего размера (P. W. Higgs, 1966. Spontaneous Symmetry Breakdown without Massless Bosons). Этими статьями и исчерпывается вклад Питера Хиггса в разработку механизма его имени. Позднее его вклад в физику практически полностью ограничился преподаванием.

На этом месте так и хочется спросить вслед за классиком советской поэзии: «Что он сделал, кто он и откуда, почему ему такая почеть?». Кто и откуда Питер Хиггс, мы уже знаем, а вот его роль в теорфизике двадцатого века требует дополнительного рассказа. Поскольку я пишу нечто вроде развернутого некролога, а не статью по истории науки, рассказ этот не будет длинным.

Бета-распад и слабое взаимодействие

Путь теоретической физики, ведущий к работам Питера Хиггса и пятерых его конкурентов-поделльников, можно отсчитывать с так называемой четырехфермионной теории слабого взаимодействия, развитой Энрико Ферми в конце 1933 года. Она интерпретировала давно известный бета-распад атомных ядер как рождение протонов, электронов и еще не открытых, но уже описанных в качестве гипотезы нейтрино, из входящих в состав атомного ядра нейтронов. Все эти частицы относятся к классу фермионов, отсюда и название. В 1959 году модель Ферми подверглась серьезной модификации в виде так называемой V-A теории слабого взаимодействия, построенной Марри Гелл-Маном и Ричардом Фейнманом и, независимо и даже чуть раньше, Джорджем Сударшаном и Робертом Маршаком. Это название связано с тем, что процессы слабого взаимодействия моделируются при помощи токов двух видов — векторных (V) и аксиальных (A). Такой подход позволил максимально эффективно

сформулировать единую теорию слабого взаимодействия, которая вполне адекватно для того времени описывала как различные акты прямого и обратного бета-распада, так и распад мюонов с учетом уже доказанного к тому времени несохранения четности во всех этих процессах. Тогда вполне могло показаться, что все секреты слабого взаимодействия окончательно раскрыты.

Однако уже в начале 1960-х годов несколько блестящих физиков-теоретиков пришли к выводу, что и V-A теория не может считаться истиной в последней инстанции. После довольно длительных и трудных поисков эта проблема была решена посредством объединения двух фундаментальных взаимодействий, слабого и электромагнитного, на основе уже упомянутой в начале статьи концепции калибровочных полей. Новая теория электрослабого взаимодействия вводила три гипотетические частицы с единичным спином: две заряженные W^+ и W^- и одну нейтральную Z (см. W^- и Z -бозоны). Эти частицы, так называемые промежуточные векторные бозоны, «работали» в качестве переносчиков слабого взаимодействия — подобно тому, как фотоны отвечают за перенос электромагнитных сил. Кстати, фотон в новой теории тоже фигурировал в почтенном качестве четвертой частицы-посредника.

Однако у электрослабой теории была явная слабость, которая тогда казалась неустранимой. Все три «новых» калибровочных бозона, как и давно известный фотон, имели нулевую массу. Это создавало очень неприятную проблему. Радиус слабого взаимодействия очень мал, и поэтому ему, в силу общих принципов квантовой теории поля, требуются очень массивные посредники. К тому же наличие нейтрального переносчика Z требовало допустить возможность бета-переходов, не меняющих электрический заряд, а таковые тогда не были известны. В то же время бозон Z был необходим, поскольку без него не удавалось обеспечить несохранение четности в слабых взаимодействиях.

Замечательный физик-теоретик пакистанского происхождения Абдус Салам не только счел проблему безмассовости промежуточных векторных бозонов куда как серьезной, но и предложил ее решить с помощью механизма спонтанного нарушения калибровочной симметрии. Его идея оказалась очень плодотворной, но сработала она не сразу. В начале 1960-х годов на ее пути встала так называемая теорема Голдстоуна, впервые обнародованная в 1961 году. Она утверждает, что во всех релятивистских квантовых теориях поля (следовательно, и в электрослабой теории) спонтанное нарушение так называемой глобальной симметрии, не зависящей от пространственно-временных координат, обязательно рождает безмассовые частицы. Отсюда вроде бы следовало, что никакое спонтанное нарушение калибровочных симметрий не способно наделить массой калибровочные бозоны. В ретроспективе этот вывод не выглядит

столь уж железобетонным, поскольку характер нарушения симметрии может меняться от точки к точке пространственно-временного континуума (такие симметрии называются локальными). Однако в начале 1960-х годов важность этого обстоятельства еще не была осознана.

Коллективная эврика 1964 года

Выход из этого затруднения нашли только Питер Хиггс и другие члены «Банды шести» (The Gang of Six), как их иногда называют. Они независимо и разными способами показали, что в так называемых полях Янга — Миллса, которые легли в основу электрослабой теории, не соблюдаются условия применимости теоремы Голдстоуна, поскольку эти поля обладают не глобальной, а локальной симметрией. Они также нашли способ снабдить возбуждения этих полей ненулевой массой через уже упоминавшийся механизм Андерсона — Хиггса. При этом Хиггс первым в явной форме отметил, что из его модели вытекает существование массивного скалярного бозона. В статье 1966 года он даже проанализировал возможный распад этой гипотетической частицы на два тяжелых векторных бозона, который, как объявили летом 2012 года физики из ЦЕРНа, действительно имеет место. Так что общепринятый ныне термин «бозон Хиггса» вполне заслужен. Как известно, в 2013 году Энглер и Хиггс стали нобелевскими лауреатами (Нобелевская премия по физике — 2013, «Элементы», 10.102013).

Франсуа Энглер (слева) и Питер Хиггс на семинаре 4 июля 2012 года, на котором было объявлено об открытии бозона Хиггса. Фото с сайта cerncourier.com

В 1965 году к сходным выводам другим способом пришли 19-летние московские студенты Александр Поляков и Александр Мигдал. Их работа была полностью оригинальной, однако в печать она попала только годом позже (А. Мигдал, А. Поляков, 1966. Спонтанное нарушение симметрии сильного взаимодействия и отсутствие безмассовых частиц). Двухгодичное отставание — это немало.

Замечательные работы «Банды шести» получили признание отнюдь не сразу. Лишь в конце 1967 года Стивен Вайнберг предложил единую модель электрослабого взаимодействия, в которой тройка векторных бозонов получает массу на основе механизма Андерсона — Хиггса (S. Weinberg, 1967. A model of leptons). Годом позже это же сделал и Салам (A. Salam, 1968. Elementary particle theory: Relativistic Groups and Analyticity). Вайнберг даже построил конкретную модель, в рамках которой детально описал взаимодействие калибровочных полей. Правда, она относилась только

к лептонам и вообще содержала ряд упрощений, но как иллюстрация работала очень убедительно. В частности, Вайнберг довольно точно вычислил массу заряженных промежуточных векторных бозонов (по его оценке, порядка 60 ГэВ), а также показал, что их нейтральный партнер должен быть несколько тяжелее, в чем тоже оказался прав.

Великий механизм

В основе работы механизма Андерсона — Хиггса в электрослабой теории лежат скалярные поля, чьи квантованные возбуждения, по определению, не обладают спином. Как считается, они возникли спустя пикосекунды после Большого взрыва и теперь заполняют всю Вселенную. Такие поля обладают наименьшей энергией при ненулевой величине — это и есть их устойчивое состояние.

Нередко приходится читать, что элементарные частицы обретают массу в результате торможения хиггсовским полем, но это чересчур механистическая аналогия. В теории электрослабого взаимодействия фигурируют четыре хиггсовских поля (каждое со своими квантами) и четыре векторных бозона — два нейтральных и два заряженных, которые сами по себе не имеют массы. Три бозона, оба заряженных и один нейтральный, поглощают по одному безмассовому кванту трех хиггсовских полей, а в результате обретают массу и, как следствие, способность переносить короткодействующие силы. Последний бозон ничего не поглощает и остается безмассовым — это фотон. Съединенные кванты ненаблюдаемы (физики их называют духами), в то время как их выживший четвертый собрат обладает массой и должен наблюдаться при энергиях, достаточных для его рождения.

Эти процессы можно описать и по-другому. Поскольку все четыре векторных бозона изначально безмассовы и всегда обладают световой скоростью, их волновые функции колеблются только в плоскости, перпендикулярной направлению движения — как и у фотонов. После поглощения хиггсовских квантов бозоны W^+ , W^- и Z^0 обретают дополнительные волновые компоненты, осциллирующие вдоль направления скорости. Эти продольные волны придают частицам инерционность и, следовательно, наделяют массой. По данным 2022 года масса обоих W -бозонов равна 80,377 ГэВ. Z -бозон несколько массивней, он весит 91,1876 ГэВ. Так что, хотя Стивен Вайнберг в своих первоначальных оценках и ошибся, но не слишком сильно.

Изначально механизм Андерсона — Хиггса был использован для интерпретации возникновения массы у векторных бозонов теории электрослабых взаимодействий.

Позднее с его помощью в теорию ввели массы кварков и заряженных лептонов (глюоны массы не имеют, но механизм Хиггса их и не затрагивает). Он оказался полезным и для понимания массы нейтрино (хотя для нее есть и другое объяснение), и для объяснения смешивания кварков различных семейств. Хиггсовские частицы появляются и в рамках различных обобщений Стандартной модели, причем в немалых количествах. В общем, их нынешняя популярность вполне заслужена.

Под занавес стоит добавить уточнение технического характера. Электрослабое взаимодействие описывается произведением симметрий $SU(2)$ и $U(1)$. Первой симметрии соответствуют три калибровочных бозона, два заряженных W^+ и W^- и один нейтральный W^0 , а второй — один нейтрал B^0 , так называемый синглет слабого гиперзаряда (в оригинале, *weak hypercharge singlet*). Заряженные бозоны, получившие массу на основе механизма Андерсона — Хиггса, являются физически наблюдаемыми частицами. Нейтральные бозоны образуют две линейные комбинации, которые рождают физически наблюдаемые частицы — фотон и Z . Угол смешивания этих состояний называется углом Вайнберга и определяется из эксперимента, он примерно равен 29 градусов.

V-A теория слабого взаимодействия стала весьма близкой предшественницей электрослабой модели. Некоторые их предсказания довольно похожи. Например, обе теории примерно одинаково описывают рассеяние электронных нейтрино на электронах. Разница лишь в том, что в первом случае интенсивность этого рассеяния постоянна, а во втором зависит от угла Вайнберга. Численная величина зависимости определяется квадратом синуса этого угла, который приблизительно равен одной четвертой, то есть, не слишком велик. Поэтому при не слишком высокой точности экспериментальных измерений обе теории могут показаться эквивалентными. Однако есть и принципиальное различие: V-A теория полностью запрещает рассеивание мюонных нейтрино на электронах, а электрослабая модель его разрешает, хотя и с небольшой вероятностью. Это обстоятельство в начале 1970-х годов помогло экспериментальному обоснованию теории Вайнберга и Салама.

Лауреаты Нобелевской премии по физике 1979 года Шелдон Ли Глэшоу, Абдус Салам и Стивен Вайнберг. Фото с сайта web2.ph.utexas.edu

И еще одно уточнение. Взаимодействие частиц с полями Хиггса обеспечивает лишь малую часть общей массы нашей Вселенной — где-то около одного процента. Остальные 99 процентов возникают из-за взаимодействий между кварками и глюонами, из которых состоят протоны и нейтроны. И все же без этих полей не было бы нашего мира. Как говорится, мал золотник, да дорог.

Заключение

Питер Хиггс занимался не только теорфизикой. В конце 1950-х он два года консультировал возникшую в 1957 году и существующую поныне общественную организацию, носящую название Кампания за ядерное разоружение (Campaign for Nuclear Disarmament, CND). В сентябре 1963 года он женился на американке Джоди Уильямсон, которая тогда преподавала лингвистику в Эдинбурге и тоже была активистом CND, и через год стал отцом маленького Кристофера. В это время он гостил в университете Северной Каролины в Чапел-Хилле, так что мальчик родился в США. Через несколько лет Питер и Джоди развелись, но всегда оставались друзьями. Джоди умерла в 2008 году от лимфомы.

Питер Хиггс прекратил связи с CND, когда ее руководство стало выступать не только против ядерного оружия, но и против мирного использования ядерной энергии. Одно время он участвовал в движении Greenpeace, но порвал и с ним, сочтя его антинаучные станы слишком радикальными.

В 1976 году Хиггс посетил ЦЕРН и там принял участие в обсуждении планов постройки Большого электрон-позитронного коллайдера (LEP), который, как тогда надеялись, мог бы производить предсказанные им скалярные бозоны. Эта замечательная машина была запущена в 1989 году и стала предшественницей Большого адронного коллайдера, на котором в 2012 году и были впервые рождены хиггсовские бозоны.

Подобные факты можно было бы и дальше нанизывать на нить моего повествования, но особой пользы я в этом не вижу. Повторю главное: Питер Хиггс вошел в историю физики двадцатого века благодаря всего лишь трем небольшим статьям, из которых две появились в 1964 году, и одна в 1966. В этом он сильно отличается от разделившего с ним Нобелевскую премию Франсуа Энглера, который опубликовал, один или в соавторстве, 116 статей по физике частиц, общей теории относительности, космологии и теории струн. Как говорится, каждому свое.

1964 год принес физике не только открытия Питера Хиггса и его коллег из Брюсселя и Лондона. Были и другие великие достижения: теория кварков, микроволновое реликтовое излучение, экспериментальное доказательство несохранения комбинированной четности (она же CP-инвариантность) при распадах каонов и гипотеза о существовании очарованного кварка. Так что Банда шести оказалась в хорошей компании.

И что же дальше? Работа механизма Андерсона — Хиггса в физике частиц

математически безупречно описана и подтверждена во множестве экспериментов. Теперь предстоит лучше изучить свойства бозона Хиггса и на этой основе понять происхождение и состав скалярных полей, которые его рожают. Возможно, эти задачи не удастся решить без строительства новых суперускорителей. Сейчас идет активное обсуждение проектов новых в Европе (FCCee в ЦЕРНе) и Китае (CEPC, проект Пекинского института физики высоких энергий), в США тоже обсуждаются планы по возведению нового ускорителя, хотя и в несколько более отдаленной перспективе (Мюонный коллайдер, скорее всего в Фермилабе). Впрочем, сроки реализации этих проектов пока не ясны. В любом случае, никакого конца фундаментальной физики пока не предвидится. И это прекрасно.

Алексей Левин