

Иэн Сэмпл
В поисках частицы Бога, или Охота на бозон Хиггса



Предисловие

Со склона горы, на которой стоит французская деревушка Крозе, окрестности просматриваются на многие мили вокруг. Внизу по полям рассыпаны деревни и фермы, между которыми петляют редкие узкие дороги. Казалось бы, в пейзаже нет ничего необычного, если бы не несколько современных зданий, образующих огромное кольцо. Вот они-то, эти здания, как раз очень необычны. Под некоторыми из них прорыты глубокие шахты, и именно там расположена самая крупная и сложная установка из когда-либо созданных человечеством. Если бы сказочный великан вырвал это кольцо из земли и

поставил вертикально, оно бы поднялось над землей более чем на пять миль. И потребляет гигантская установка столько же электроэнергии, сколько современный крупный европейский город.

А называется это сооружение Большой адронный коллайдер (Atom Smasher, сталкиватель атомов) (БАК). БАК стоит миллиарды долларов, и управляют им сотрудники ЦЕРНа, Европейской организации по ядерным исследованиям, расположенной на окраине Женевы. Более двадцати стран в складчину заплатили за этого Левиафана, а чтобы его построить, потребовалось более десяти лет. Десять тысяч ученых в лабораториях, раскиданных по всему миру, участвуют в экспериментах, ставящихся на БАКе, и анализируют результаты, которые получают на этой гигантской установке.

Внутри коллайдера фрагменты атомов разгоняются почти до скорости света и сталкиваются друг с другом. Эти срежессированные искусственные акты воссоздают условия, существовавшие в первые мгновения после Большого взрыва, давшего начало Вселенной. В ярких вспышках первобытной энергии ученые ищут разгадки самых глубоких тайн мироздания.

Одна из этих тайн, возможно наиболее интригующая, мучит ученых уже почти полвека. Дело в том, что пока никто не может объяснить, почему вещество имеет массу. Теоретики каждый раз подходят к решению, казалось бы, очень близко, но всегда что-то ускользает. Разбейте какой-нибудь предмет на кусочки, потом разотрите их в пыль, потом в атомы, потом во фрагменты атомов, и в конечном итоге вы дойдете до мельчайших строительных блоков материи. У всех у них есть масса, но вот почему, не знает никто.

В 1964 году некий физик, имея перед собой только ручку и бумагу, наткнулся на решение, которое большинство ученых сегодня считают ответом на этот вопрос. Случилось это в Эдинбурге, а звали того физика Питер Хиггс. Хиггс предположил существование невидимого поля, которое проникает в каждый уголок космоса. В нулевой момент времени поле находилось в “спящем” состоянии, но, как только новорожденная Вселенная стала расширяться и охлаждаться, оно ожило и во всеуслышание заявило о своем присутствии. В этот момент строительные блоки материи превратились из невесомых в весомые. Частицы обрели массу. Последствия этого события мы видим вокруг себя. Они – основа нашего существования.

Без этого поля Вселенная была бы наполнена множеством частиц, носящихся вокруг со скоростью света. Атомов и молекул не существовало бы. Космическая пыль никогда не собралась бы вместе и не сформировала галактики, звезды и планеты; не существовало бы знакомой нам структуры Вселенной, и не появились бы условия для возникновения жизни.

Один ученый в ЦЕРНе однажды сказал мне, что поле Хиггса похоже на снег, который выпал ночью и покрыл землю в этом идиллическом уголке на французско-швейцарской границе. Представьте себе снежное поле, раскинувшееся бесконечно далеко во всех направлениях. Лучи света легко скользят по нему: они проносятся, как бы не замечая снега. Некоторые частицы “обуты в снегоступы” и движутся менее стремительно. Другие “идут босиком” и проваливаются, их удел – тащиться со скоростью улитки. Масса частицы – просто мера того, насколько она тормозится полем.

Большой адронный коллайдер был разработан, чтобы прояснить для всех раз и навсегда истинную природу поля, придуманного Питером Хиггсом. В коллайдере должны создаваться возмущения поля Хиггса, которые являются признаком появления частиц, называемых бозонами Хиггса. Это как раз те “снежинки”, которые составляют наше космическое “снежное” поле, и недостающий окончательный аргумент, необходимый ученым для ответа на вопрос, волнующий всех, – почему вещество обладает массой.

ЦЕРН – не единственное место, где охотятся за бозонами Хиггса. На окраине Чикаго физики из Фермилаба, где расположен второй по мощности коллайдер в мире, тоже ищут частицы Хиггса. Для ученых двух лабораторий по обе стороны Атлантики эта многолетняя гонка значит невероятно много.

Но существует более важный стимул найти частицу Хиггса, чем честолюбие ученых.

Эти частицы – последний недостающий элемент Стандартной модели, свода законов, которые описывают все известные частицы во Вселенной. Все больше ученых считают, что частицы Хиггса не только раскроют тайну массы, но и откроют ворота в скрытый мир частиц и сил, в который мы только-только входим.

Из-за неуловимого характера и огромного значения частицы Хиггса один физик, нобелевский лауреат, дал ей потрясающее название – частица Бога. Прочитав книгу, вы увидите, что существует немного тем, способных так сплотить физиков, как их отвращение к этому названию. Их чувства по этому поводу могут сравниться только с удовольствием журналистов, пишущих о науке, – для них это красивое название стало поистине спасительным.

Эта книга является историей о том, как Вселенная обрела массу, как идея, записанная в блокноте почти полвека назад, оказалась в эпицентре всеобщей охоты, поглотившей миллиарды долларов, охоты, в которой задействованы тысячи ученых и самые крупные и сложные научные установки из всех, когда-либо построенных на Земле. И с какой бы стороны ни посмотреть на эту историю, она выглядит весьма массивно и весомо.

Глава 1 Долгая дорога в Принстон

Поездка из Северной Каролины в Принстон может занять большую часть дня, да и то, если вам повезет. Путь лежит вдоль Восточного побережья на север, вокруг необъятной глади Чесапикского залива и дальше на Вашингтон, Балтимор и Филадельфию. И вот вы наконец попадете в город, который когда-то стал родным для величайшего физика современности – Альберта Эйнштейна.

Питер Хиггс упаковал кое-какую одежду и папку с теоретическими выкладками и вместе со своей женой Джоди и шестимесячным сыном Кристофером вышел к машине. Уложив чемодан, он стал внимательно изучать дорожный атлас. Наконец подходящий путь выбран. Машина мягко тронулась с места и поехала на северо-восток по трехполосным улицам в направлении автострады. Было раннее утро, и город медленно оживал под мягкими лучами весеннего солнца.

Это было 14 марта 1966 года, спустя год после того, как Хиггс, физик из Университета Эдинбурга, приехал работать в университет городка Чапел-Хилл в Северной Каролине¹. На его статьи обратил внимание выдающийся ученый, который пригласил его дать семинар в Принстонском институте перспективных исследований, одном из ведущих мировых научных центров. Семинар был обречен на жаркие дискуссии: Хиггс обнаружил явление, которое могло объяснить происхождение массы!

Поездка в Принстон оказалась не простым академическим визитом. Она выдвинула Хиггса в центр внимания научного сообщества и положила начало крупнейшей охоте в истории современной физики. Охоте с использованием установок, стоящих миллиарды долларов и занимающих десятки километров подземных туннелей, и тысяч ученых, десятилетиями пытающихся найти частицы, на которых строится теория Хиггса. Мантра этих ученых проста: найдем частицы Хиггса, и тайна возникновения массы будет раскрыта...

На протяжении веков мыслители даже не представляли, что масса существовала не всегда, по крайней мере в современном смысле слова. Слово “масса” описывало то, сколько вещества, материи находилось в предмете, а слово “материя” являлось не более чем красивым термином для обозначения вещества. Кусок горной породы обладал большей массой, чем буханка хлеба такой же величины (если только у пекаря не случился неудачный

¹ Университет Северной Каролины в Чапел-Хилле, основанный в 1780-х годах, – старейший государственный университет в США.

день), и этим было все сказано. Понятие массы было настолько интуитивно ясно и осязаемо, что никто всерьез над ним и не размышлял.

Смутное и неполное понятие массы, возникшее в древности, было развито в Средние века. Эгидий Римский (Жиль де Ром), выдающийся теолог и один из самых влиятельных мыслителей конца XIII века, сделал важный концептуальный шаг, проведя различие между размером объекта и количеством вещества, содержащегося в нем². Глыба льда, к примеру, явно изменяла форму, когда сначала, растаяв, превратилась в воду, потом, испарившись, превратилась в пар, который затем, сконденсировавшись, замерз и снова превратился в твердый кусок. Тем не менее, как говорил Эгидий, количество вещества на всех этапах превращений оставалось прежним. Это наблюдение, несомненно сделанное в процессе оживленной богословской дискуссии о пресуществлении (превращении хлеба и вина в Тело и Кровь Христову), отражает современные определения объема и массы.

В начале XIV века на понятие массы обратил внимание парижский философ Жан Буридан. Он описывал, как ведет себя подброшенный объект, если ему придать импульс (что-то вроде импульса), зависящий от того, сколько вещества этот предмет содержит, и скорости, с которой он был подброшен³. В XVI веке немецкий астроном Иоганн Кеплер пошел еще дальше – он утверждал, что планеты движутся по стационарным орбитам, а не носятся, сталкиваясь, по всему пространству, как бильярдные шары, благодаря инерции, возникающей из-за их огромных масс.

Несмотря на гениальные прозрения философов и астрономов прошлого, термин “масса” не использовался систематически до 1687 года, когда Исаак Ньютон заложил основы классической механики в своей великой книге “Principia” (“Начала”)⁴. По Ньютону, масса – количество материи, зависящее от объема и плотности объекта. Масса объекта определяет его инерцию или сопротивляемость при воздействии на него, а также то, насколько сильно он подвержен силе тяжести. С помощью этих определений Ньютон сформулировал основные законы движения.

Однако у Ньютона было гораздо более глубокое и интуитивное представление о массе и материи, чем то, что он описал в “Principia”. Он считал, что объекты, существующие в мире, состоят из бесчисленных крошечных частиц, созданных Богом, которые никогда и никем не могут быть разрушены. Частицы, имеющие различные формы и размеры, собираются вместе, образуя различные материалы. Все, что человек способен сделать, – это научиться придавать новые формы конгломератам исчезающе малых частиц.

Почти через двадцать лет после публикации “Начал” Ньютон позволил себе порассуждать на тему природы материи в своем следующем великом трактате – в “Оптике”. Он писал: “Я думаю, Бог вначале создал вещество из твердых, массивных, непроницаемых, подвижных частиц... настолько твердых, что они никогда не распадутся на куски и не изнаются”⁵. Размышления Ньютона о материи были не так уж далеки от истины. И сегодня ученые представляют материю состоящей из частиц, которые практически не поддаются разрушению. Физикам потребовалось более полувека, чтобы выяснить, из каких основных строительных блоков собираются атомы. Различные комбинации этих блоков дают

² Описание богословской интерпретации понятия массы и объема см. в кн.: Pierre Duhem. *Medieval Cosmology: Theories of Infinity, Place, Time, Void, and the Plurality of Worlds*. University Of Chicago Press, 1987.

³ Edward Robert Harrison. *Cosmology: The Science of the Universe*. Cambridge University Press, 2000.

⁴ Опубликованные под латинским названием “Principia Mathematica”, ньютонские “Математические начала натуральной философии” состоят из трех томов.

⁵ Написанная по-английски “Оптика” – вторая великая книга Ньютона. Она включает теорию отражения, преломления и дисперсии света (анализ и синтез цветов).

разнообразии химических элементов Периодической таблицы – атомов, из которых образуются различные вещества: металлы, кристаллы, жидкости и газы. Соединяясь друг с другом, атомы образуют бесконечное разнообразие молекул.

Ученые называют основные строительные блоки материи фундаментальными или элементарными частицами; по определению их нельзя разбить на более мелкие части. Первая такая частица была обнаружена в 1897 году Дж. Дж. Томсоном в Кавендишской лаборатории в Кембриджском университете⁶. Томсон, как и многие физики того времени, был заинтригован природой светящихся лучей, которые возникали в стеклянной трубке, заполненной газом при низком давлении, когда напряжение подавалось на электроды, расположенные внутри трубки. Таинственные лучи выходили из катода, отрицательно заряженного электрода, и шли на анод, электрод, заряженный положительно.

Томсон начал серию экспериментов по исследованию этих загадочных “катодных лучей”. В одном эксперименте он использовал 15-дюймовую стеклянную трубку, покрытую с одной стороны фосфоресцирующей краской. Томсон изменил форму анода, проделав в нем щель, поэтому часть лучей, выходящих из катода, должна была пройти через эту щель и, попав на люминофор, высветить на нем яркое пятно. А потом Томсон вставил в стеклянный сосуд на пути лучей второй набор электродов, расположенных в перпендикулярной по отношению к лучам плоскости. Подключив эти электроды к гальваническому элементу, ученый обнаружил, что пятно отклонилось от центра в сторону положительного электрода второй пары.

Дальнейшие эксперименты показали, что катодные лучи представляли собой поток крошечных отрицательно заряженных частиц. Томсон назвал их электронами (термин, введенный ирландцем Джорджем Джонстоном Стоуни за двадцать лет до этого) и предположил, что они являются неизменными элементами всех известных ученым атомов. Вдохновленный своим открытием, Томсон предложил модель атома, прозванную “сливовым пудингом”: в соответствии с ней атомы представляют собой положительно заряженные шарики, напичканные крошечными отрицательными частицами – электронами.

Но оказалось, что атомный “пудинг” Томсона не соответствовал тому, что сотворила природа⁷. Идея развалилась, когда Эрнест Резерфорд, уроженец Новой Зеландии, объявил во всеуслышание, что атомы в основном – пустые! В 1911 году он уже точно знал, что почти вся масса атома сосредоточена в центральном положительном ядре. Позднее Резерфорд, исследуя атомное ядро, доказал существование внутри него положительно заряженных протонов.

В середине 1930-х годов физики были уверены, что знают все основные строительные блоки вещества. Итак, ядро атома состоит из протонов и незаряженных нейтронов – еще одного типа частиц (исключение из правил – атом водорода)⁸. Нейтроны обнаружил в 1932 году английский физик Джеймс Чедвик⁹. Положительно заряженное ядро окружено отрицательно заряженными электронами, и в целом атом нейтрален. Это было правильным, но неполным представлением. Прошли годы, и ученые обнаружили, что протоны и нейтроны – вовсе не элементарные частицы! В отличие от электронов протоны и нейтроны построены

⁶ Полная история открытия электрона дана в кн.: E. A. Davis. J.J. Thomson and the Discovery of the Electron. Taylor & Francis, 1997.

⁷ По поводу опровержения Резерфордом томсоновской атомной модели см. кн.: Richard Morris. The Last Sorcerers: The Path from Alchemy to the Periodic Table. Joseph Henry Press, 2003.

⁸ Нет атома проще, чем атом водорода. Он содержит ядро, состоящее из одного протона, и один электрон.

⁹ См. также кн.: Andrew Brown. The Neutron and the Bomb: A Biography of Sir James Chadwick. Oxford University Press, 1997.

из еще меньших частиц, названных кварками.

Однако физикам потребовалось довольно много времени, чтобы признать реальность кварков. Дело в том, что их никто и никогда не видел. Американские физики Марри Гелл-Манн и Джордж Цвейг выдвинули концепцию кварков в 1964 году, причем независимо друг от друга¹⁰. Они поняли, что поведение протонов и нейтронов можно объяснить, если допустить, что каждый из них содержит тройку кварков. В 1966 году, когда Хиггс приехал в Принстон, эта теория еще была спорной. Потребовалось еще несколько лет, чтобы кварки стали считаться такими же элементарными частицами, как электроны.

Примерно за полвека после открытия электрона физики выявили около двухсот различных видов частиц, большинство из которых состояли из пары и триплета других субатомных частиц¹¹. “Размножение” частиц стало сбивать с толку, но в середине 1970-х была создана система, которая стала предметом особой гордости физики элементарных частиц. Эта система вошла в науку как Стандартная модель (название такое прозаическое, что даже обидно). Она постулирует, что вся известная материя, все вещество во Вселенной строится из всего лишь нескольких истинно элементарных частиц¹².

Согласно Стандартной модели, существует двадцать четыре фундаментальных кирпичика, из которых строится вся материя. Среди них шесть типов (или ароматов) кварков (называемых верхними (up), нижними (down), истинными (top, truth), прелестными (beauty), очарованными (charm) и странными (strange), каждый из которых подразделяется на три вида в зависимости от свойства, известного как их цвет¹³. Цвет может быть красным, зеленым или синим, но эти определения не имеют никакого отношения к визуальным ощущениям. Кварки различных цветов притягиваются друг к другу. Следующая шестерка типов частиц материи называется лептонами, они образуют семью, включающую в себя электроны и прозрачные, почти безмассовые частицы, называемые нейтрино, которые проходят почти беспрепятственно через все, что встречают на своем пути. В нашей Вселенной вся известная нам стабильная материя построена из кварков и электронов.

Другие частицы, описываемые Стандартной моделью, не являются строительными блоками материи, они выполняют другую работу. Четыре из них, отвечающие за перенос взаимодействий, существующих в природе, называются бозонами¹⁴. Мы не проваливаемся

¹⁰ Более подробно об истории кварков см. кн.: Andrew Watson. The Quantum Quark. Cambridge University Press, 2004, а также кн.: М. У. Хан. Quarks and Gluons, World Scientific, 1999.

¹¹ Для более полного представления попробуйте прочитать кн.: Frank Close, Michael Marten and Christine Sutton. The Particle Odyssey: A Journey to the Heart of Matter. Oxford University Press, 2004.

¹² Полную историю открытий, лежащих в основе Стандартной модели, можно найти в кн.: Hoddeson et al. 1999 (см. библиографию).

¹³ Частицы вещества образуют три поколения, которые отличаются только массой. Первое поколение кварков – это верхние (up) и нижние (down) кварки, второе поколение включает в себя очарованные (charm) и странные (strange) кварки, а третье поколение – прелестные (beauty или bottom) и истинные (truth или top). В каком-то смысле второе и третье поколения кварков – это более тяжелые кузены кварков первого поколения. Первое поколение лептонов – это электроны и электронное нейтрино. Второе, более тяжелое, поколение включает в себя мюон и мюонное нейтрино. Третье поколение лептонов – тау-лептон и тау-нейтрино. Мюон и тау-лептон – тяжелые версии электрона.

¹⁴ Частицы – переносчики взаимодействия в Стандартной модели – бозоны, а именно фотоны (электромагнитное взаимодействие), глюоны (сильное взаимодействие) и W- и Z-бозоны (слабое взаимодействие). Пятый в этом ряду – бозон Хиггса. Термин “бозоны” появился в честь индийского физика Сатиендра Нат Бозе. Более подробную информацию о Бозе см. в кн.: Satyendra Nath Bose: His Life and Times, edited by Kameshwar C Wali. World Scientific, 2009.

сквозь пол благодаря электромагнитному взаимодействию, которое переносится фотонами – квантами, “частицами света”. Внутри атомных ядер кварки склеиваются “сильным взаимодействием”, носителями которого являются частицы, метко названные глюонами (от английского glue – клей). Другие частицы, называемые W- и Z- бозонами, являются носителями сил, определяющих слабые взаимодействия, они вступают в дело, когда распадаются некоторые радиоактивные элементы¹⁵. Стандартную модель венчает еще одна частица, теоретически предсказанная Питером Хиггсом и названная в его честь бозоном Хиггса.

Казалось бы, в Стандартной модели есть все, что нужно, чтобы ответить на вопросы об источнике массы. Если все известные нам стабильные вещества состоят из кварков и электронов, то резонно предположить, что массы этих элементарных частиц – наименьшие возможные единицы массы. Тогда легко посчитать, какую массу имеет любой объект, просто просуммировав вклады всех миллиардов кварков и электронов, содержащихся в нем. Однако все не так просто.

Когда при суммировании получается неправильный ответ, это обычно означает, что мы что-то упустили. Вот, к примеру, протон. Он состоит из двух верхних кварков и одного нижнего. Если вы сложите их массы, то получите всего 1 процент массы протона. Но откуда же остальные 99 процентов его массы? То же самое происходит и с нейтроном, который содержит один верхний кварк и два нижних. Если ньютоновское определение массы, согласно которому масса – просто мера количества вещества, было бы правильным, то суммирование масс кварков дало бы правильный ответ. Но Ньютон знал только часть правды. Недостающая масса берется откуда-то еще.

Сложная это штука – масса. А насколько сложная, стало ясно в 1905 году, когда 26-летний Альберт Эйнштейн, работая днем в патентном ведомстве в Берне, в Швейцарии, а вечерами занимаясь физикой, написал и опубликовал статью под названием “Зависит ли инерция тела от содержащейся в нем энергии?”. Забегая вперед, скажем, что ответ положительный. Эйнштейн показал, что масса и энергия взаимозаменяемы, более того – масса может рассматриваться как мера содержания энергии в теле. Для научного сообщества эта идея прозвучала как гром среди ясного неба. Она – прямое следствие специальной теории относительности Эйнштейна¹⁶. Именно тогда Эйнштейн вывел уравнение $m = E/c^2$, где масса предмета равна его энергии, деленной на квадрат скорости света. Переписав, получаем всем хорошо знакомое уравнение $E = mc^2$, из которого легко увидеть, что из-за гигантских значений скорости света (около 300 000 километров в секунду) даже в объектах с маленькой массой содержится огромное количество энергии.

Открытие Эйнштейна в определенной степени объясняет, почему масса протона больше, чем сумма масс его частей. Масса трех кварков внутри протона равна всего лишь одному проценту массы протона, но они удерживаются вместе благодаря чрезвычайно сильным взаимодействиям. Основная часть массы протона приходится на энергию движения кварков внутри протона и энергию их связи. Это приводит нас к замечательному выводу:

¹⁵ Из всех фундаментальных сил природы слабые силы, вероятно, наименее известны. Все частицы, за исключением глюонов и фотонов, ощущают действие слабых сил. Они действуют на столь коротких расстояниях, что по сути дела являются контактными. Слабая сила принимает участие в радиоактивном бета-распаде, когда радиоактивные элементы испускают электроны или позитроны высоких энергий. При обмене W-бозонами тип кварка может измениться, или – говоря иначе – изменится аромат.

¹⁶ Ньютоновские законы движения прекрасно описывают объекты (или частицы), которые движутся значительно медленнее, чем свет. Но при скоростях, близких к скорости света, физические законы резко изменяются, и важную роль начинает играть теория относительности Эйнштейна. Эта теория является следствием двух утверждений: во-первых, скорость света одинакова для всех зрителей, независимо от их относительных скоростей, а во-вторых, законы физики одинаковы во всех инерциальных (неускоряющихся) системах отсчета. Иными словами, законы физики одинаковы, находитесь ли вы в стационарной лаборатории или мчитесь в пространстве с постоянной скоростью.

большая часть массы любого объекта – от вашей любимой собаки до мобильного телефона – определяется огромной энергией, которая в нем заключена и благодаря которой объект остается единым целым.

Взаимосвязь между массой и энергией, открытую Эйнштейном, лучше всего демонстрируют гигантские ускорители, которые физики используют для изучения субатомных частиц. Столкните две частицы друг с другом на достаточно высоких скоростях, и осколки при столкновении, скорее всего, будут содержать более тяжелые частицы, чем исходные. Энергия, выделяющаяся при столкновении, практически мгновенно переходит в массу новых частиц.

Совместными усилиями Ньютон и Эйнштейн заложили основы нашего понимания природы масс, но в 1960-х годах стало ясно, что не хватает чего-то еще. Ученые никак не могли объяснить, откуда элементарные частицы получили свою массу. Именно эту тайну теория Хиггса, кажется, объяснила. И именно с ее помощью ученые надеются найти полное объяснение происхождения массы всей известной нам материи.

Питер Хиггс прибыл в Чапел-Хилл 6 сентября 1965 года. Оставив Джоди, которая была в то время беременна, у ее родителей в городе Урбана, штат Иллинойс, он принялся обустривать их новый дом. Начав работу в университете, он приступил к своей первой большой работе о происхождении массы. 24 сентября, когда он трудился в факультетской библиотеке, его позвали к телефону – голос в трубке сообщил, что Джоди только что родила их первого сына, Кристофера.

Закончив статью о массе в ноябре, Хиггс послал один экземпляр в редакцию журнала и еще несколько – физикам, которым, как он думал, она будет интересна. Теория Хиггса описывала критический момент рождения Вселенной, хотя тогда, в 1965 году, это было еще не совсем понятно. Молодой ученый показал, что поначалу строительные блоки материи вообще ничего не весили. Элементарные частицы были совершенно невесомыми. Затем, через доли секунды после Большого взрыва – события, которое запустило жизнь во Вселенной, – что-то случилось¹⁷. Некое энергетическое поле, распространенное во всем пространстве, вдруг включилось, и в тот же самый момент безмассовые частицы, которые носились вокруг со скоростью света, были захвачены этим полем и приобрели массу. И чем сильнее они чувствовали воздействие поля, тем тяжелее становились.

Время начало отсчет 13,7 миллиарда лет тому назад, когда случился самый первый взрыв¹⁸. Вселенная тогда была микроскопическим сгустком огромной энергии, слишком перегретая, чтобы в ней действовали известные нам сейчас законы природы. Но в мгновение ока (если бы там поблизости был кто-нибудь, кто мог бы мигнуть оком) Космос вырос до размеров волейбольного мяча и охладился достаточно (примерно до 10 тысяч триллионов градусов Цельсия), чтобы поле Хиггса ожило. И тут же первые строительные блоки материи были укрощены, они сделались тяжелыми и медлительными, как мухи в супе.

Поле Хиггса определило структуру Вселенной и ее способность поддерживать жизнь в том виде, в котором она существует. Без поля элементарные частицы, строительные блоки материи, вели бы себя как фотоны – кванты света. Частицы бы не собирались в атомы, которые мы наблюдаем сейчас. Не возникли бы химические элементы¹⁹. Не появились бы

¹⁷ Ученые подсчитали, что уже за 1 пикосекунду, или одну триллионную долю секунды, после Большого взрыва Вселенная достаточно остыла, чтобы включилось поле Хиггса.

¹⁸ Ученые в целом соглашаются, что Вселенной 13,7 млрд лет. А что происходило до этого? Теория до сих пор ничего не может сказать по этому вопросу, и мы, возможно, никогда этого не узнаем. Стивен Хокинг сравнил вопрос о том, что происходило до Большого взрыва, с вопросом о том, что находится к северу от Северного полюса.

¹⁹ Исчезновение поля Хиггса или изменение его напряженности имело бы драматические последствия, например, для химии. Электрон приобретает массу с помощью поля Хиггса. Без этого поля электроны остались

звезды и планеты, и наша Солнечная система, как и другие уголки Вселенной, осталась бы навсегда безжизненной пустыней.

В основе теории Хиггса – частица, связанная с этим массообразующим полем. Так называемый бозон Хиггса в определенном смысле есть часть поля, оставшаяся после того, как оно наделило частицы массами²⁰. Самая большая мечта ученых сегодня – показать, что эта частица существует, и тем самым доказать теорию Хиггса.

Вскоре после того, как Хиггс разослал ученым свою статью, в его офис в Чапел-Хилле пришел первый отклик – от Фримена Дайсона. (Во время Второй мировой войны англичанин Дайсон служил в команде бомбардировщиков Королевских ВВС. Он пересек Атлантику в возрасте 23 лет, сжимая в руке письмо, в котором было написано, что он признан лучшим математиком Англии. За истекшее время он стал знаменитым ученым и профессором 프린стонского Института перспективных исследований.)

Послание было дружественным и более чем лестным. Дайсон говорил, что получил огромное удовольствие от последней работы Хиггса – она прояснила ему вопросы, над которыми он ломал голову последнее время. Он попросил Хиггса провести весной семинар в институте и на нем рассказать про свою теорию. Хиггс был ошарашен и принял предложение не раздумывая.

Восторги Дайсона по поводу статьи Хиггса не означали, что того ждала легкая поездка. В Институте перспективных исследований в то время работали, пожалуй, лучшие физики в мире. Этот знаменитый научный центр основал в 1930-х годах известный американский филантроп Луис Бамбергер. Самый известный сотрудник института, Альберт Эйнштейн, проработал там последние двадцать пять лет своей жизни, пытаясь объяснить, как возникли силы, существующие в природе. Работал там и австро-американский логик Курт Гёдель – пересматривал пределы человеческого познания. Он часто досаждал Эйнштейну, заявляя, что его знаменитая теория допускает путешествия во времени²¹. Отец современных компьютерных наук Джон фон Нейман в этом институте занимался переносом математической стратегии игры в покер на политическую стратегию, которая должна была помочь выиграть холодную войну²².

Но ключевой фигурой в институте был Роберт Оппенгеймер, возглавлявший Манхэттенский проект по созданию атомной бомбы. Он стал главой института в 1946 году и тоже внес свой вклад в фантастическую ауру этого места. Оппенгеймер славился своим вспыльчивым характером и острым языком и мог проявить себя не лучшим образом, случись ему появиться на еженедельном институтском семинаре. Нередко он запугивал не слишком уверенных в себе докладчиков, жестоко высмеивая их, непрерывно поправляя и не давая возможности ответить. За это Дайсон его не любил, и время от времени между двумя учеными после окончания семинаров возникали перебранки. Дайсон сказал мне однажды:

бы безмассовыми и двигались бы слишком быстро, чтобы атомные ядра захватили их на атомные орбиты. Периодическая система элементов перестала бы существовать.

²⁰ В Стандартной модели поле Хиггса является сложным и состоит из двух нейтральных и двух заряженных компонентов. Два заряженных компонента дают массу положительно и отрицательно заряженным W -бозонам. Один нейтральный компонент дает массу Z -бозону. Бозон Хиггса является квантом оставшегося нейтрального компонента поля.

²¹ Более подробную информацию о работе Гёделя см. в кн.: Gregory J. Chaitin. Thinking about Godel and Turing: Essays on Complexity, 1970-2007. World Scientific, 2007.

²² Более подробную информацию о работе фон Неймана о теории игр см. в кн.: William Poundstone. Prisoner's Dilemma: John von Neumann, Game Theory and the Puzzle of the Bomb. Anchor Books, 1993.

“Оппенгеймер всегда старался мне объяснить, что бы я сказал, если бы был так же умен, как он”²³.

Хиггс вел машину дальше, думая о своем докладе на завтрашнем семинаре. Пожалуй, аудитория будет сильно отличаться от тех, перед которыми он выступал раньше²⁴. Погрузившись в свои мысли, он почти забыл о том, что ведет машину! Хиггс съехал на обочину, сделал несколько глубоких вдохов и попытался успокоиться. Какое счастье – впереди ученый увидел дорожный знак. Поворот на Принстон был уже через милю. Он почти у цели.

Институт перспективных исследований находится на расстоянии мили от Принстона, а его территория представляет собой сад, раскинувшийся на 800 акров. Вместо того чтобы поехать прямо в институт, Хиггс сделал круг по городу, а потом припарковался у почты. Зайдя, он перекинулся парой слов со служащим, и тот вынул из конторки конверт с выпущенной в честь дня рождения Эйнштейна 8-центовой маркой (Эйнштейн родился как раз в этот день, только в 1879 году) и проштемпелевал его. На марке была фотография великого физика, сделанная 20 лет назад Филиппом Халсманом, другом семьи Эйнштейна. (Халсман провел некоторое время в австрийской тюрьме по подозрению в убийстве своего отца во время прогулки в Альпах. На самом деле Халсман-старший сам упал в пропасть, это была трагическая случайность, но свидетелей не было, и Филипп попал в тюрьму. Позже его освободили благодаря вмешательству Эйнштейна.) Хиггс, увидев марку, возмутился – там было написано, что Эйнштейн – “известный американец”. Хотя Эйнштейн и принял американское гражданство в 1940 году, Хиггс считал его по духу европейцем. Тем не менее он подумал, что марка с Эйнштейном понравится Николасу Кеммеру, его другу и наставнику из Эдинбургского университета, и отправил конверт в Шотландию.

Уже приближался вечер, когда Хиггс подъехал к институту и встретился с Фрименом Дайсоном. Вскоре, беседуя с новым другом, Хиггс забыл о страшном волнении, пережитом по дороге в Принстон. А потом Хиггсы отправились в подготовленную для них квартиру и, уставшие, упав на кровать, сразу провалились в столь необходимый им в тот вечер сон.

Доклад Хиггса был запланирован на 4.15 вечера следующего дня. Войдя в аудиторию, Питер увидел Дайсона, стоящего у кафедры, – его доклад был первым. Дайсон собирался говорить об очень серьезных вещах – про устойчивость материи, про то, почему предметы вокруг нас остаются цельными, несмотря на то что содержат бесчисленное количество частиц. Он рассказывал собравшимся о чрезвычайно мощных, но тонко сбалансированных силах, благодаря которым, к примеру, книга у вас в руках, учитывая огромное количество энергии, заключенной в ее атомах, не разрывается на части, а наша одежда самопроизвольно не взрывается и не обращается в миллион субатомных фрагментов.

Закончив доклад, Дайсон предложил задавать вопросы. Как и следовало ожидать, они оказались весьма острыми. Темпераментные дискуссии были в традициях института, недаром еженедельные семинары заработали интригующее название “беспорядочные семинары”²⁵. Они проводились каждую неделю, но вместо того, чтобы объявить докладчика и тему заранее, аудитория – и сам докладчик – узнавали обо всем в день семинара. Организовано это было таким образом: когда участники семинара собирались в зале, по рукам пускали шляпу с бумажками, и каждый вытягивал свою. Тому, кому доставалась последняя бумажка, и предоставлялась честь выступить перед благородным собранием. Идея заключалась в том, чтобы заставить всех находиться в тонусе и быть готовыми либо сделать свой доклад, либо “поджарить на гриле” того, кто выйдет на трибуну.

²³ Интервью с автором, август 2008.

²⁴

²⁵ Там же.

Когда вопросы были исчерпаны, Дайсон объявил перерыв на чай и сказал, что их гость, Питер Хиггс, будет следующим докладчиком. Хиггс последовал за толпой в столовую и за чашкой чая разговорился с немецким физиком Клаусом Хеппом. Они уже встречались однажды на летней школе в Шотландии в 1960 году. Во время беседы Хепп упомянул работу трех очень уважаемых ученых, которая должна вот-вот быть опубликована²⁶. “Она нанесет сокрушительный удар по вашей теории, – заявил он. – В ней все правильно, а вот у вас что-то не так”.

Хорошо, по крайней мере, что на том семинаре не было Оппенгеймера. Хиггс понятия не имел, что грозный директор института болен раком и спустя три месяца после семинара официально подаст в отставку²⁷. Но вот кончился перерыв, и Питер начал доклад, шаг за шагом объясняя суть своей теории. Дайсон внимательно слушал – он сразу понял, что работа Хиггса красива²⁸. Как только гость закончил говорить, тут же взлетели вверх несколько рук.

Хотя Хиггс волновался перед семинаром, в его манере говорить ощущалась несомненная уверенность. Он прекрасно знал уравнения, на которых строилась его теория, чувствовал их глубинный смысл. Он понимал, что выдвинутые им идеи затрагивали самую сущность бытия. Это не означало, конечно, что они верны. Многие вещи, которые теоретически возможны, не реализуются в природе. Но если его теория не содержала ошибок, она, по крайней мере, могла претендовать на описание происхождения массы.

Вопросы были трудными, порой они содержали острую критику, но никто из собравшихся не подверг сомнению правильность его логических построений. Теория Хиггса прошла самое сложное испытание.

Дайсон поблагодарил Хиггса за выступление и закрыл семинар, довольный, что доклад гостя прошел хорошо. Позже Хиггс слышал, что Артур Вайтман, наиболее уважаемый физик в аудитории, сказал коллегам, что им бы следовало проверить свои “доказательства” неправильности теории Хиггса. Он поверил каждому слову Хиггса.

На следующий день после обеда с Дайсоном Хиггс опять отправился в дорогу. Второе приглашение пришло из Гарвардского университета, где работал Сидни Коулман, видный физик и известный всем шутник. Хиггс решил принять участие в открытом обсуждении своей теории в Гарварде, прежде чем отправиться обратно в Чапел-Хилл. Обсуждение было запланировано на вторую половину дня, что не стало ни для кого неожиданностью: Коулман всегда пропускал утренние мероприятия. Как-то он объяснил, что не пришел на 9-часовую утреннюю лекцию потому, что не смог работать так поздно. Коулман явно надеялся поразвлечься на выступлении Хиггса²⁹. Позже он признавался, что сказал своим студентам: мол, какой-то идиот придет, чтобы поговорить с ними. “И приготовьтесь порвать его в клочья!” – добавил он.

Экзекуции не случилось. В Гарварде выступление Хиггса превратилось в оживленную дискуссию, в которой участвовали все. Еще раз его теория подверглась тщательному разбору. Если вначале публика собиралась не оставить камня на камне от этой теории, то с доклада все ушли весьма заинтригованными. Теория Хиггса преодолела важнейший рубеж – это был один из тех редких моментов в истории науки, когда открывается дверь в новый мир, где ждут своего открытия неизвестные явления.

²⁶ Daniel Kastler, Derek W. Robinson and Andre Swieca. Conserved currents and associated symmetries; Goldstone's theorem'. *Communications in Mathematical Physics*. Vol. 2. No. 2 (1966). P. 108-120.

²⁷ Оппенгеймер ушел в отставку с поста директора в 1966 году после того, как ему поставили страшный диагноз – рак горла. Он умер 18 февраля 1967 года в возрасте 62 лет.

²⁸ Интервью с автором, август 2008 года.

²⁹ Peter Higgs. See ‘SBGT and all that’. *Weak Neutral Currents*, edited by David B Cline. Westview Press, 1997.

Надо сказать, в науке часто бывает, что самые блестящие идеи не находят понимания и забываются. Иногда они приходят в неправильное время, иногда авторы их плохо разъясняют или не находятся нужные люди, чтобы в нужный момент поддержать ученого. По любой из этих причин скачок в понимании законов природы может остаться незамеченным, не дав импульса для дальнейшего развития науки.

Во время поездки, продлившейся менее недели, Хиггс уверился, что его теория не исчезнет без следа. И действительно, постепенно физики усваивали его идеи: они заговорили о механизме Хиггса, полях Хиггса и о частице, существование которой доказало бы правильность теории, – о бозоне Хиггса.

Той осенью Хиггс вернулся в Эдинбург и с новой энергией окунулся в работу. Перед ним по-прежнему стоял главный вопрос: была ли его теория просто блестящей идеей или чем-то большим? Питеру нужно было показать, как его идея работает в реальном мире. В том виде, в котором теория существовала ко времени его возвращения в Эдинбург, она многого не объясняла. Да, она показывала, как невесомые частицы могли приобрести массу на ранней стадии развития Вселенной, но у физиков имелся целый выводок частиц, причем у некоторых из них масса была, а у каких-то ее не было. Теория не объясняла, какие частицы поле Хиггса наделило массой, а какие – нет и почему.

Ответив на все эти вопросы, ученые сделают одно из главных открытий нашего века. В конце жизни Эйнштейн был одержим желанием доказать, что силы различного характера, например электромагнитная и гравитационная, были первоначально частями одной всеобъемлющей суперсилы, которая существовала только одно мгновение при рождении Вселенной. С тех пор физики пытаются понять, можно ли построить “теорию Великого объединения”, о которой мечтал Эйнштейн. Теория Хиггса объясняла, как природа могла взять все частицы во Вселенной и одним махом некоторые из них (те, из которых построена материя) наделить массой, а другие оставить безмассовыми (например, фотон). Для физиков это выглядело как подсказка – если бы они только смогли развить теорию Хиггса немного дальше, то сумели бы наконец объединить в единое целое все силы природы.

Глава 2 В тени бомбы

В начале XX века Нелли Мельба была всемирно известной примадонной. Благодаря удивительному, серебряному голосу она прославилась далеко за пределами родной Австралии. Мельба блистала на сценах множества оперных театров от Манхэттена до Лондона, не говоря уже о театрах континентальной Европы³⁰. Мачты, возвышающиеся над штаб-квартирой компании Маркони в Челмсфорде (графство Эссекс), должно быть, показались ей весьма устрашающими.

Нелли не хотела ехать сюда. Она с презрением отнеслась к появлению “беспроводных” радиоприемников, выпущенных этой компанией, и не понимала, почему столько людей хочет приобрести эти “магические играющие ящики”. Но дива была дама не промах. Нельзя отказаться от выступления, за которое обещано 10 тыс. долларов, да к тому же к нему приковано внимание репортеров и журналистов всего мира!

Певица колебалась, стоит ли ей начинать петь, а представитель компании, Артур Барроуз, успокаивал ее, но, похоже, не очень удачно. Указывая вверх, он объяснял, как гигантские радиоантенны с высоты сотен футов будут нести божественный голос Нелли на сотни, возможно тысячи, километров к жаждущей услышать его публике в европейских культурных столицах – Париже, Берлине, Мадриде и бог знает где еще. Но певица, видимо

³⁰ Полный отчет о вещании из Челмсфорда концерта Мельбы см. в кн.: Sean Street. A Concise History of British Radio 1922-2002:80 Years of Key Developments. Kelly publications, 2002; Brian Hennessy. The Emergence of Broadcasting in Britain. Southerleigh, 2005.

незнакомая с принципами новомодной техники, переводила настороженный взгляд с антенн на своего гида. “Молодой человек, – сказала она, – если вы думаете, что я собираюсь туда взобраться, вы сильно ошибаетесь”. В тот день, 15 июня 1920 года, Нелли Мельба стала звездой первого в мире концерта, прозвучавшего в эфире.

Получасовой сольный концерт состоялся в бывшем сарае для хранения тары, превращенном в импровизированную студию. Там, сжимая сумку и наклонившись к микрофону (точнее, к телефонной трубке, оснащенной рупором, сделанным из старой деревянной коробки из-под сигар), Мельба, лучшее в мире сопрано, пела в сопровождении небольшого рояля. По округе тотчас разнесся слух, что приехала звезда, и вскоре на улице начала собираться возбужденная толпа поклонников, которую местные полицейские отчаянно пытались успокоить.

Трансляция имела грандиозный успех. И в Лондонском Императорском военном музее, и в Хрустальном дворце, где проводилась Всемирная выставка 1851 года, инженеры установили беспроводные телефонные аппараты, и любой мог подойти и прослушать концерт. Нелли спела вальс из “Нимфы и Сильвана” Германа Бемберга и “Addio” из “Богемы”, а закончила гимном Великобритании. Ее голос был слышен даже там, где Берроуз и не рассчитывал, – в Персии и на острове Ньюфаундленд. Позже певица рассказала журналистам, что это было самое замечательное приключение в ее жизни.

Истинные масштабы триумфа обнаружили только через несколько дней и даже недель. Письма-поздравления сыпались со всего мира. На приемной станции, установленной на Эйфелевой башне в Париже, голос Мельбы воспроизвелся так чисто, что его записали прямо на граммофонный диск, который позже использовали для изготовления пластинок с записью концерта.

Это уникальное действо финансировал лорд Нортклифф, технофил и собственник газеты “Daily Mail”, слегка страдавший манией величия. На следующий день газета описала это событие так: “Искусство и наука пожали друг другу руки”. (Кстати, именно лорд Нортклифф, большой специалист по рекламным кампаниям, сформулировал один из центральных принципов журналистики: “Новости – это то, что кто-то хочет скрыть, всё остальное – реклама.”) Всплеск интереса к радио в обществе превзошел все ожидания.

Вряд ли Томас Хиггс, живший в другом конце страны, в портовом Бристоле, ничего не слышал об этой исторической трансляции. Незадолго до сего знаменательного события он вернулся домой из Франции, где задержался после окончания Первой мировой войны, в которой участвовал в качестве военного переводчика. Хиггс получил диплом электротехника в Бристольском университете и считал, что будущее за радио. Наверняка трансляция концерта Мельбы вызвала у него восторг, хотя джаз ему нравился больше, чем опера.

Гульельмо Маркони, дедушка радио, говорил, что в один прекрасный день в каждом доме будет установлен беспроводной приемник. Однако, до этого было еще далеко. Концерт Нелли Мельбы стал одной из первых попыток трансляции развлекательных программ. Энтузиастам новых технологий еще предстояло убедить общественность, что по радио можно слушать не только унылые голоса дикторов, читающих мрачные новости, большая часть которых уже появилась в сегодняшних газетах, но и веселые, развлекательные передачи.

Однако любой человек с хорошим слухом понимал, что, когда дойдет дело до трансляций концертов, возникнет множество технических проблем. Дело в том, что качество воспроизведения было пока еще недостаточно хорошо для передачи богатого и сложного звучания оркестра, ансамблей музыкальных инструментов, игры музыкантов в концертном зале или соборе. Поначалу звук фортепиано и других инструментов имел металлический оттенок. Например, Перси Скоулз, редактор старейшего музыкального британского журнала “Musical Times”, так описал трансляцию скрипичного концерта: “Звук инструмента – не протяжный, а громкий и металлический – просверлил в моем черепе дырку, как при

трепанации”³¹. Он советовал своим читателям, по крайней мере в ближайшее время, не использовать радио для прослушивания серьезной музыки.

Низкое качество музыкального радиовещания заставило ведущие радиокomпании срочно начать соответствующие исследования. В 1922 году эти компании слились и образовали Британскую радиовещательную компанию BBC (Би-би-си). Берроуз, назначенный руководителем этих исследований на только что созданной Би-би-си, призвал своих коллег найти способ передачи реальных звуков инструментов и акустики концертных залов. Инженеры переделали микрофоны, улучшили электрические схемы и добавили разные звуковые трюки вроде эха и реверберации. Методом проб и ошибок они нашли способы сбалансировать звучание медных, духовых и струнных инструментов в оркестре. Постепенно радиотрансляции стали воспроизводить красоту и утонченность живых выступлений и дали возможность наслаждаться ими людям, никогда прежде такой возможности не имевшим³².

Вся эта история выглядела столь заманчивой, что обидно было в ней не поучаствовать, и в 1923 году Томас Хиггс сделал шаг, положивший начало его профессиональной карьеры. Годом ранее BBC приступила к вещанию из Лондона, а в других крупных городах, таких как Бирмингем и Манчестер, были созданы региональные станции. Вот Хиггс и устроился работать на подобную станцию в Ньюкасле, на северо-востоке Англии. В его функции входило “балансировать и контролировать” – он должен был следить, чтобы музыка аутентично передавалась через эфир.

Это было время невероятного расцвета радиовещания. В течение нескольких лет радиостанцию Би-би-си стали слушать по всей Великобритании. Количество выданных радиолицензий возросло почти до двух миллионов. Такая ситуация сложилась незадолго до того, как вновь созданная вещательная компания вступила в конфликт с правительством. Всеобщая забастовка 1926 года, вызванная экономическим спадом в угольной промышленности, вынудила многие газеты сократить свои тиражи. Это позволило радио – живому и не требующему больших затрат по сравнению с газетами – заполнить информационный вакуум. Радио рассказывало о кризисе – информационные бюллетени выходили в эфир пять раз в день.

Растущая независимость Би-би-си раздражала канцлера Уинстона Черчилля, который призвал премьер-министра Стэнли Болдуина взять компанию под государственный контроль³³. И только умное лоббирование со стороны генерального директора Би-би-си Джона Райта сохранило компанию. В следующем году радиовещательной компании была дарована Королевская хартия, и она стала называться Британской радиовещательной корпорацией.

К 1929 году радиовещание в мире уже вполне утвердилось, и не за горами была новая революция в СМИ – телевизионная. На Лондонской радиотрансляционной станции BBC 2LO разрабатывались планы по запуску первой ежедневной телевизионной трансляции с использованием несовершенного механического дисплея Джона Лоуги Бэрда со сканированием в 30 линий. Главного инженера BBC эти планы очень пугали³⁴. Качество движущихся изображений было настолько плохо, что он даже выступил против пробного

³¹ Impacts and Influences: Essays on Media Power in the Twentieth Century, edited by James Curran, Anthony Smith and Pauline Wingate. Methuen Young Books, 1987.

³² См. предыдущие ссылки.

³³ Burton Paulu. Television and Radio in the United Kingdom. University of Minnesota Press, 1981.

³⁴ George Shiers. Early Television: A Bibliographic Guide to 1940. Routledge, 1996. Francis Wheen. Television. David & Charles, 1986.

вещания – побоялся, что зрители разочаруются и не захотят смотреть телевизор.

В среду 29 мая того года все британцы думали только о выборах. Правительство Болдуина было на волоске от провала. Впервые в выборах, которые должны были состояться на следующий день, участвовали три кандидата, кроме того, впервые допускались к голосованию женщины до 30 лет! Но в доме Хиггса о выборах говорили мало. В тот день Томас и его жена Гертруда с которой он познакомился еще в Бристоле, праздновали рождение первого и единственного своего ребенка, Питера.

Радиовещание – яркий пример того, как понимание законов природы может дать толчок техническому прогрессу, меняющему жизнь людей на земле. Если вам когда-нибудь понадобится аргумент в пользу необходимости фундаментальных – оторванных от реальности – исследований, то история создания радиовещания – самый убедительный из аргументов.

Все началось с Дафти – так одноклассники прозвали будущего юного Джеймса Максвелла. Тогда, в годы его учебы в эдинбургской школе, над ним часто посмеивались за сильный дамфрисширский акцент и “эксцентричную деревенскую” внешность, и его грубые самодельные башмаки только усугубляли впечатление³⁵. Но Максвелл был гений. Его работы проложили дорогу всем современным средствам связи, от радио и цифрового телевидения до мобильных телефонов и спутниковой навигации.

Когда мы чествуем великих людей и говорим о замечательном наследстве, которое они нам передали, мы рискуем потерять из виду их реальные достижения. Восторгаясь технологиями, основанными на работах Максвелла, можно не заметить концептуальный прорыв, лежащий в основе его достижений. Максвелл выдвинул две основные идеи, которые во многом сформировали современную физику. Обе они играют ключевую роль в истории с Хиггедгсом. Во-первых, это введенное Максвеллом понятие “поля”, которое считалось в то время спорной и бездоказательной концепцией³⁶. Вторая его замечательная идея – способ работы в науке. Максвелл показал, что секрет великих открытий – в установлении связи между, казалось бы, не связанными друг с другом природными явлениями. Идея оказалась настолько плодотворной, что стала рабочей философией ученых.

В 1860 году в возрасте 29 лет Максвелла уволили с должности профессора физики в Маришальском колледже в Абердине (несмотря на то, что он был женат на дочери ректора), после чего молодой ученый перебрался в Королевский колледж в Лондоне, заняв там аналогичную должность. Время, проведенное Максвеллом в Королевском колледже, было, возможно, наиболее плодотворным периодом в его жизни, и именно там он занялся проблемами электричества и магнетизма. Его интерес к ним вызвали эксперименты Майкла Фарадея, которые тот проделал несколькими годами ранее. Фарадей брал катушку с намотанным на сердечник проводом в одну руку и магнитный стержень в другую. Когда он вдвигал магнит внутрь катушки, в катушке возникал электрический ток, а когда держал магнит неподвижно, ток исчезал. Фарадей описал эффект так: “Движущийся магнит создает электрическое поле”.

Из поразительных экспериментов Фарадея было ясно: электричество и магнетизм как-то связаны, но вот как? Этому не знал никто. И тогда Максвелл решил понять, можно ли их связать математически. Формулы, которые он вывел, показали, что электричество и

³⁵ Более подробную информацию о необычной наружности Максвелла см., например, в кн.: Henry Abraham Boorse, Lloyd Motz and Jefferson Hane Weaver. *The Atomic Scientists: A Biographical History*. Wiley, 1989; Martin Goldman. *The Demon in the Aether: The Story of James Clerk Maxwell*. Adam Hilger, 1984.

³⁶ Matthew Radmanesh. *The Gateway to Understanding: Elections to Waves and Beyond*. Author-House, 2005; Rodney Carlisle. *Scientific American Inventions and Discoveries: All the Milestones in Ingenuity from the Discovery of Fire to the Invention of the Microwave Oven*. Wiley, 2004. Фарадей был первым, кто в 1845 году использовал термин “магнитное поле”.

магнетизм не только связаны, но фактически являются двумя сторонами одной медали. На бумаге уравнения Максвелла выглядят экзотичными и абстрактными, но, если подставить в них числа, они начинают жить! Итак, они показывают, что движущийся магнит создает электрическое поле. Но это только начало. Вновь созданное электрическое поле создает собственное магнитное поле, а то, в свою очередь, другое электрическое поле. И так далее. Колебания электрического и магнитного полей провоцируют друг друга, бесконечно распространяясь в пространстве...

Однако Максвелл этим не ограничился. Пораженный чудесными колебаниями электромагнитного поля, он пошел дальше. А как быстро поля удаляются от своих источников? Ответ был ошеломляющим: они распространяются со скоростью света! Увидев, что этот ответ получается из расчета, сделанного им в тетрадке, Максвелл, должно быть, почувствовал волнение, известное только тому, кто первым раскрыл какую-либо из глубоких тайн природы, – ведь он предположил, что колебания электромагнитного поля и есть свет.

Благодаря работам Максвелла концепция полей получила твердое обоснование. Этим он заложил необходимую основу для работы Питера Хиггса, использовавшего поля для объяснения природы массы. Позже Эйнштейн воздал должное Максвеллу, открывшему глаза ученым на важность понятия поля, написав: “Это изменение концепции описания реальности является самым глубоким и плодотворным из тех, что физика испытала со времен Ньютона³⁷”.

Ученые получили и другой великий урок от Максвелла³⁸. В поисках связи между двумя разными явлениями – электричеством и магнетизмом – Максвелл раскрыл глубинные тайны природы. То, что началось с попытки объяснить опыты Фарадея, закончилось созданием теории света. Вслед за этим пришло открытие других видов электромагнитных волн, в том числе радиоволн, которые и разнесли голос Нелли Мельбы над Челмсфордом и передали первые нечеткие изображения в телевизионные устройства образца 1920 года.

Работы Максвелла поставили перед учеными, размышлявшими о природе материи, новую задачу. В то время преобладала ньютоновская модель мироздания, то есть считалось, что все в природе может быть объяснено в терминах вещества, принимающего ту или иную форму. Веришь в это – и нет необходимости во введении полей, ведь с помощью законов Ньютона можно описать всю материю и движение космоса как единую гигантскую механическую систему.

Очевидный конфликт идеологий возникал при определении сущности света. Ньютон утверждал, что луч света – поток крошечных частиц, или корпускул, а Максвелл говорил, что свет – волны. Тут возникал вопрос: что такое распространение волн? Какова природа электромагнитного поля? Эти вопросы ставили в тупик и самого Максвелла. Реакция тогдашних ученых показывает, как трудно поколебать хорошо укоренившиеся в науке представления. В поисках ответа было предложено ввести понятие эфира – странной формы материи, которой якобы заполнена вся Вселенная³⁹. Световые волны, говорили защитники сей идеи, – это волны сжатия в эфире, подобно тому как звуковые волны – в воздухе.

Чтобы убедиться в существовании эфира, нужно было провести некоторые исследования. Ученые знали, что звуковые волны распространяются быстрее в жидкостях,

³⁷ Martin Goldman. *The Demon in the Aether. The Story of James Clerk Maxwell*. Adam Hilger, 1984.

³⁸ Концепция объединения стала мощным ориентиром в физике и других науках. Более подробную информацию о большом объединении в физике см. в кн.: Z. Hassan. *Ideals and Realities: Selected Essays of Abdus Salam*. World Scientific, 1983; Tom Siegfried. *Strange Matters: Undiscovered Ideas at the Frontiers of Space and Time*. Joseph Henry Press, 2002.

³⁹ Более подробную информацию об эфире см. в кн.: Lawrence Krauss. *Quintessence*. Vintage, 2001; Kevin C. Knox and Richard Noakes. *From Newton to Hawking: A History of Cambridge University's Lucasian Professors of Mathematics*. Cambridge University Press, 2002.

чем в воздухе, и еще быстрее в твердых телах. Они также знали о невероятно большой скорости света. Отсюда следовало, что если свет представляет собой волны сжатия в эфире, то эфир – действительно некое экзотическое вещество, причем невидимое и не мешающее движению планет, ведь даже малейшее сопротивление полету этих небесных тел привело бы к их торможению и в конце концов – к весьма грациозному падению по спирали на Солнце.

Многие полагают, что введение эфира было серьезным заблуждением, но не будем столь категоричны. Детально разработанные неверные концепции иногда приносят пользу, заполняя бреши в нашем понимании природы. В лучшем случае заблуждения в науке какое-то время играют положительную роль, в худшем же они существенно тормозят прогресс подобно тому, как удачный выстрел не всегда способен остановить движение солдата, но зато может сделать его продвижение вперед мучительно болезненным и медленным.

Чудеса природы часто приводят в качестве доказательств грандиозной работы Бога, так было и с эфиром⁴⁰. Если бы он реально существовал, то должен был бы иметь немыслимые размеры, обладать абсолютной прозрачностью и другими свойствами, которые трудно согласовать друг с другом. Для людей религиозных взглядов, а Максвелл был верующим человеком, было очевидно – только Господу под силу создать такое вещество. Лорд Кельвин, выдающийся ученый того времени, не сомневался, что свет распространяется в виде волн сжатия в эфире. (Впрочем, он также считал, что у радио нет никакого будущего, и утверждал, что идея создания пассажирских самолетов может прийти в голову только людям с куриными мозгами – понятно, что такие самолеты никогда не оторвутся от земли⁴¹.) Пример Кельвина очень красноречив. Мы видим, что научные теории в будущем часто оказываются неправильными, а кроме того, ученые редко понимают, какую технологию завтра может породить их сегодняшнее открытие.

Максвелловская теория света поставила концепцию поля на прочную основу и тем самым заложила фундамент теории Хиггса. Но, чтобы Хиггс смог совершить свой прорыв в науке, понадобился еще более драматический поворот событий. Квантовая революция началась через двадцать лет после смерти Максвелла, и первый ее этап закончился в год рождения Хиггса. Ни в одну другую эпоху физики не пребывали в таком замешательстве, а сама наука физика никогда не была столь противоречива.

Величайшие научные революции порой начинаются с кажущихся на первый взгляд малозначительными экспериментов. Квантовая физика началась с наблюдения за изменениями цвета печи по мере нагрева. Этот эксперимент был не самым эффективным событием в истории науки, но он породил одну из самых важных теорий в физике XX века. Для обычного ученого этот эксперимент, возможно, так и остался бы незначительным. Но Макс Планк, усатый физик из Берлинского университета, был далеко не обычным человеком – он был просто одержим желанием понять законы природы. Эйнштейн писал, что Планком движет “голод души”⁴². Говорили, что его страсть познания была сродни страсти влюбленного.

В автобиографии Планк, размышляя о своем отношении к науке, писал: “Крайне важно понять, что внешний мир есть нечто совершенно независимое от человека, нечто

⁴⁰ Bernard Cohen and George E. Smith. *The Cambridge Companion to Newton*. Cambridge University Press, 2002.

⁴¹ Более подробную информацию о предсказаниях Кельвина см., например, в кн.: Gordon Fraser. *The New Physics for the Twenty-First Century*. Cambridge University Press, 2006; Ted Davis, Roger H. Stuerwer and Rutherford Aris. *Springs of Scientific Creativity: Essays on Founders of Modern Science*. University of Minnesota Press, 1983.

⁴² Barbara Lovett Cline. *Men Who Made a New Physics: Physicists and the Quantum Theory*. University Of Chicago Press, 1987.

абсолютное, и поиски законов, которые управляют этим абсолютным миром, всегда казались мне самой возвышенной задачей науки”⁴³. Планк, возможно, лучше, чем кто-либо другой, понимал, что реальность, с которой мы сталкиваемся изо дня в день, является проявлением действия бесчисленных законов, управляющих игрой невидимых микроскопических объектов.

Все вокруг нас поглощает и излучает энергию в виде электромагнитных волн. Когда люди выделяют тепло, энергия излучается в виде инфракрасных волн. Эти волны невидимы для человеческого глаза, но могут быть зарегистрированы инфракрасной камерой типа тех, что используются полицией для слежки за преступниками в темноте. В эксперименте, который заинтересовал Планка, использовались печи, специально предназначенные для изучения теплового излучения.

Планк не должен был делать эксперименты сам. Он был физиком-теоретиком и анализировал данные, полученные его друзьями, работавшими в университетской лаборатории. Его задачей было найти объяснение результатов, и для этого он должен был разобраться, почему по мере нагрева печь меняет свой цвет.

Итак, нагреваясь, печь сначала становилась тускло-красной, затем ярко-красной, потом оранжевой, желтой и наконец блестяще-белой. Выходит, цвет напрямую связан с температурой, причем так строго, что по цвету можно определить температуру печи. Значит, размышлял Планк, изменение цвета указывает на “нечто абсолютное” – тут присутствует какая-то фундаментальная тайна природы. Чтобы цвет излучения менялся так, как он менялся, печь, нагреваясь, должна испускать волны со все более короткой длиной (красный свет имеет большую длину волны, чем оранжевый, а тот – большую, чем желтый), при этом диапазон длин волн испускаемого излучения расширяется. При самых высоких температурах печь испускает белый свет – светится сразу всеми цветами радуги.

Время от времени наука совершает скачок лишь благодаря интуиции ученого, а как раз интуиции у Планка было в избытке. Однажды вечером он вывел математическую формулу, почти идеально описывающую экспериментальные результаты по излучению печи. Уравнение Планка оказалось настолько точным, что, когда ученые усовершенствовали установку, результаты, полученные с ее помощью, стали описываться этим уравнением еще лучше.

И тогда Планк задумался: почему его формула так хорошо описывает эксперимент? В чем тут секрет? Он знал, что количество световой энергии, которое печь излучает в равновесном режиме, определяется ее температурой. Чем горячее печь, тем больше энергии она излучает. Планк понял, что вопреки существовавшим ранее представлениям коротковолновый свет должен нести большую энергию, чем длинноволновый. Когда печь едва теплая, она может излучать только красный свет, но при более высоких температурах у нее достаточно энергии, чтобы светиться оранжевым, желтым или даже голубым.

Настоящая магия в открытии Планка обнаружилась позже. Он понял, что его формула работает, только если энергия, излучаемая печью, представляет собой поток крошечных импульсов или пакетов. Количество энергии в каждом волновом пакете зависит от цвета. У пакетов красного света меньше энергии, чем у пакетов синего света. Позже эти волновые пакеты световой энергии стали называть квантами.

Планк опубликовал свои поистине революционные результаты в 1900 году – то был для него весьма неплохой год, а ведь, когда Планку было 17 лет, все советовали ему найти себе занятие поувлекательнее физики, поскольку тогда считалось, что основные задачи этой науки уже решены!

Планк сделал свое открытие случайно. И в тот момент никто, и даже он сам, не понимал, насколько оно важно. Планк считал свою теорию скорее математическим трюком,

⁴³ Цитируется в кн.: William Cropper. Great Physicists (см. библиографию), автор, который ссылается на кн.: Max Planck. Scientific Autobiography and Other Papers (Physikalische Abhandlungen und Vorträge). New York Philosophical Library, 1949.

чем правильным описанием физического явления. Легко понять, почему ученый осторожничал – его теория противоречила общепризнанной работе Максвелла, описывающей свет как непрерывную электромагнитную волну.

А первым оценил значимость теории Планка Альберт Эйнштейн – ему, кстати, тогда было всего двадцать с небольшим. В 1905 году Эйнштейн понял, что если он истолкует понятие кванта буквально, то сможет объяснить одну из загадок физики того времени – так называемый фотоэлектрический эффект⁴⁴. Лабораторные эксперименты показали, что, если освещать светом фотокатод в вакуумном приборе, в нем при замыкании цепи может возникнуть электрический ток, причем наиболее ярко эффект проявлялся при облучении фиолетовым светом, зато полностью отсутствовал при облучении красным.

Эйнштейн рассудил, что электроны не вылетают с поверхности металла, пока количество поглощенной ими энергии меньше определенного значения. Ток возникает только тогда, когда падающий свет состоит из квантов со сравнительно большой энергией, достаточной для преодоления электронами работы выхода. Вы можете направить прожектор на кусок металла, но вам не удастся выбить из него ни одного электрона, если вы освещаете светом неправильного цвета, – его кванты несут слишком мало энергии. Это все равно что играть в ярмарочную игру “бросание шаров в кокосовые орехи” (типа игры в кегли), кидая в мишени мячи для пинг-понга. Бросай сколько хочешь, но кокос не пошевелится, пока вы не запустите в него что-то более весомое. За использование концепции квантов для объяснения фотоэлектрического эффекта Эйнштейн был удостоен Нобелевской премии. Его работы ясно показали, что идея представления потока энергии как потока квантов должна восприниматься всерьез. Очень скоро квантовая теория стала основным направлением в теоретической физике. Через четыре года после объяснения фотоэффекта Эйнштейн существенно развил ее и показал: кванты света обладают еще и импульсом, что делает их полноправными частицами. Ученые работали над квантовой теорией еще на протяжении трех десятилетий, пока она не превратилась в стройную теорию, объясняющую процессы, происходящие внутри атомов.

Работы Планка и Эйнштейна показали, что микромир, мир атомов, подчиняется совсем иным законам, чем те, что Ньютон написал для макромира и которые согласуются с нашим повседневным опытом. Законы Ньютона прекрасно годятся для описания больших предметов вроде автомобилей и пушечных ядер, но в мире атомных частиц действуют другие правила – странные и противоречащие общепринятым понятиям. Поведение строительных блоков материи просто невозможно понять без понимания законов квантового мира.

Когда рождалась квантовая физика, ученые еще мало что знали о структуре атома. В модели, предложенной Эрнестом Резерфордом и Нильсом Бором, атомы состояли из твердых ядер, окруженных электронами, которые вращались вокруг ядер по концентрическим орбитам. В 1913 году Бор понял, что квантовая интерпретация движения электронов по орбитам позволяет объяснить длину волны (цвет) света, поглощаемого и излучаемого газообразным водородом. Это была очень специальная работа, но она окончательно убедила физиков, что идея квантов дает ключ к пониманию строения материи.

На протяжении более чем десяти лет работы в области квантовой физики носили фрагментарный и отрывочный характер, а ученым требовалась полная квантовая теория, объясняющая поведение любой частицы в любом атоме или молекуле. Успех принесли четыре года, с 1925-го по 1929-й, четыре года интенсивной работы, завершившиеся созданием “квантовой механики” – раздела квантовой теории, описывающей процессы, происходящие в мире атомов.

⁴⁴ Более подробную информацию о квантовом описании эффекта см. в кн.: Andrew Whitaker. Einstein, Bohr and the Quantum Dilemma: From Quantum Theory to Quantum Information. Cambridge University Press, 2006; Abraham Pais. Subtle Is the Lord: The Science and the Life of Albert Einstein. Oxford University Press, 2005.

Вернер Гейзенберг, 24-летний физик из Геттингенского университета, был первым, кто добился тогда серьезных успехов. В конце мая 1925 года Гейзенберг жестоко страдал от сенной лихорадки. Нужно было срочно уехать – туда, где ничего не росло и не цвело. Отпросившись у своего руководителя Макса Борна в отпуск на две недели, Гейзенберг отправился на Гельголанд, небольшой остров в Северном море, который милостью Божьей был лишен всяческих цветов и трав. Когда он приехал – с жутко распухшим лицом и слезящимися глазами, – хозяйка гостиницы решила, что его избили в драке, и предложила подлечить молодого постояльца. Из окна его номера на втором этаже Гейзенбергу открылся чарующий вид на деревню, песчаные дюны и бескрайнее море.

К этому времени Гейзенберг разочаровался в результатах физиков, бьющихся над проблемами квантовой теории, и решил начать все заново. Единственное, что он использовал в своих расчетах, – это свойства атомов, полученные в лабораторных экспериментах, например длины волн света, поглощаемого или испускаемого газами, или иначе – атомные спектры⁴⁵. Расположив данные в виде таблицы, Гейзенберг решил описывать процессы поглощения и излучения света с помощью прыжков электронов с одних энергетических уровней в атоме на другие. Поглощая свет, электроны прыгают на более высокий уровень; падая вниз, испускают его снова.

Это была блестящая идея – использовать атомные спектры для понимания структуры атома. Облучи атом светом, и он будет поглощать волны, длина которых соответствует энергии, необходимой, чтобы забросить электроны на более высокую орбиту. А когда электроны снова падают вниз, выделяется энергия и испускается свет той же длины волны, что и при поглощении. По длинам волн поглощенного и излучаемого света можно определить энергетическую структуру электронных орбит атома.

По мере того как работа Гейзенберга продвигалась вперед, стала проясняться механика атома⁴⁶. Волнуясь, он делал множество ошибок, нервничал. “Я был сильно взволнован, – писал он о своем пребывании на Гельголанде. – У меня было ощущение, что сквозь пелену множества беспорядочных атомных явлений я увидел удивительно красивую картину, и тогда я почувствовал легкое головокружение”. Наконец Гейзенберг завершил первый расчет, выполненный с помощью своей новой (матричной) техники. Случилось это в 3 часа ночи. Слишком возбужденный, чтобы спать, он вышел из дома и побрел к южной оконечности Гельголанда, вскарабкался на скалу, которая торчала над морем, и дождался восхода солнца.

Когда Гейзенберг вернулся в Геттинген, Макс Борн просмотрел его математические выкладки и понял, что теория верна. Вскоре они втроем (третьим стал молодой теоретик Паскуаль Йордан) доработали теорию, превратив ее в то, что потом стало известно как матричная механика. Называлась она так потому, что используемые термины записывались в виде таблиц или матриц.

Работа Гейзенберга была первым настоящим вариантом квантовой механики, а вскоре появился на свет и второй. В преддверии Рождества 1925 года австрийский физик Эрвин Шрёдингер, тогда работавший в Университете Цюриха, снял на несколько недель живописный заснеженный домик в Австрийских Альпах. Там он начал работать над собственной квантовой теорией. Шрёдингер, как всегда, пригласил с собой в путешествие

⁴⁵ Газы поглощают и излучают свет разных длин волн из-за различия энергий электронных орбит. Можно представить электронные орбиты в виде концентрических колец с центром в атомном ядре. Если электрон поглотит достаточно энергии, он перескочит вверх на более высокую орбиту. Длина волны поглощенного света определяется разностью энергетических уровней – величиной энергетического зазора между орбитами. Когда электрон падает снова вниз, он излучает свет той же длины волны. Изучая спектры разных газов, ученые могут определить расположение их электронных орбит.

⁴⁶ Размышления Гейзенберга во время его визита на Гельголанд см. в кн.: Subrahmanyan Chandrasekhar. Truth and Beauty: Aesthetics and Motivations in Science. University Of Chicago Press, 1990.

свою старинную подругу, оставив жену Анни дома⁴⁷. Анни была не из тех, кто любит жаловаться, да и Шрёдингер для нее всегда был выше критики. Кроме того, у нее тоже был любовник – ближайший друг и коллега мужа по университету математик Герман Вейль.

Шрёдингер использовал совершенно иной подход, чем Гейзенберг. Его отправной точкой была идея, выдвинутая годом ранее французским физиком Луи де Бройлем, который утверждал, что электроны ведут себя как волны⁴⁸. Шрёдингер провел в трудах все рождественские каникулы – каждый шаг вперед давался ох как нелегко! 27 декабря он написал своему другу мюнхенскому физика Вилли Вину, лауреату Нобелевской премии 1911 года: “На данный момент я борюсь с новой атомной теорией. Если бы я знал лучше математику! Однако я настроен весьма оптимистически в отношении этой штуки и рассчитываю, что, если только... смогу справиться с ней, будет очень красиво”.

Ко времени возвращения в Цюрих Шрёдингер превратил расплывчатую концепцию де Бройля в новую версию квантовой механики. Вместо непонятных гейзенберговских матриц Шрёдингер в своей теории использовал известное физикам уравнение, очень похожее на волновое. Впервые ученые получили точную квантовую формулу, которую они могли бы использовать для описания частиц в любом атоме или молекуле. (Кем бы ни была спутница Шрёдингера в то Рождество, трудно удержаться и не поразмышлять, на такое ли романтическое приключение она рассчитывала...)

Появление двух версий квантовой механики привело к тому, что новая эра в физике началась некрасиво⁴⁹. Между Гейзенбергом и Шрёдингером всегда существовала неприязнь. Увидев матричную механику, Шрёдингер сказал, что ее вид “обескуражил, если не отвратил его”. Оценка Гейзенбергом теории Шрёдингера, известной под названием “волновая механика”, была не более лестной: “Чем больше я думаю о ней... тем более отталкивающей ее нахожу”. Теории раскололи физическое сообщество на два враждующих лагеря, причем без серьезной на то причины. Выяснилось, что, хотя теории выглядели на бумаге очень разными, по существу они различались мало. Математик может вывести одну из другой. Судьба оказалась более благосклонной к теории Шрёдингера, и она была принята большинством физиков – не в последнюю очередь потому, что математический аппарат, использованный в ней, был им уже хорошо знаком.

При всей своей красоте уравнение Шрёдингера имело существенный недостаток. Казалось, оно не согласуется со специальной теорией относительности Эйнштейна, которая совершила революцию в умах ученых в 1905 году. Недостаток был серьезным: если использовать уравнение Шрёдингера для описания частиц с очень большими энергиями, движущимися со скоростью, близкой к скорости света, результаты будут заведомой чушью.

Объединение квантовой механики с теорией относительности считается одним из наиболее важных достижений физики XX века. Эту заключительную высоту взял Поль Дирак, сын эмигранта из Швейцарии, который изучал инженерное дело в Бристольском университете на год раньше Томаса Хиггса⁵⁰. Когда Томас Хиггс переехал в Ньюкасл и

⁴⁷ См., например, кн.: Martinus Veltman. Facts and Mysteries in Elementary Particle Physics. World Scientific. 2003.

⁴⁸ Более подробно о мыслях Шрёдингера по поводу идей де Бройля и формулировки квантовой теории см. в кн.: Graham Farmelo. It Must Be Beautiful: Great Equations of Modern Science. Granta, 2003.

⁴⁹ Дирак прочитал первую статью Шрёдингера по волновой механике, и она ему не понравилась. Он предпочитал матричную механику Гейзенберга и исходил из нее, создавая в своей докторской диссертации общий формализм квантовой механики.

⁵⁰ Дирак удачно соединил квантовую теорию со специальной теорией относительности Эйнштейна, в результате появилась релятивистская квантовая теория поля. Более подробно см. в кн.: John Charap. Explaining the Universe: The New Age of Physics. Princeton University Press, 2002. Наиболее полная биография Дирака – в кн.: Graham Farmelo. The Strange Man. (см. библиографию).

начал работать на Би-би-си, Дирак был приглашен в Кембриджский университет и там с головой погрузился в изучение работ Эйнштейна и пионеров квантовой механики – Гейзенберга и Шрёдингера.

В конце 1927 года в возрасте 25 лет Дирак вывел уравнение, которое многие физики считают одним из самых красивых в истории науки. Его и сейчас можно увидеть высеченным на мемориале Дирака в Вестминстерском аббатстве. Оно примирило квантовую механику с теорией относительности, а также объяснило важное свойство электронов – спин (магнитный момент). Уравнение даже содержало намек на существование частиц с таким загадочным свойством, как отрицательная энергия (масса). Несколько лет спустя, в 1932 году, Карл Андерсон, физик из Калифорнийского технологического института, подтвердил озадачившее всех предсказание Дирака, открыв положительно заряженные электроны – позитроны. Это был первый пример того, что мы сейчас называем антиматерией⁵¹.

Дирак – неудавшийся инженер, ставший выдающимся физиком, – совершил один из величайших переворотов в истории квантовой механики⁵². В это время Фримен Дайсон был маленьким мальчиком и жил в Винчестере, в Южной Англии. Позже, когда он вырос и сам стал ученым, он возвел Дирака на пьедестал. Его открытия Дайсон описывал так: “В великих работах других пионеров квантовой физики было больше изъянов, они были менее совершенными. Его великие открытия были похожи на изысканные мраморные статуи, падавшие с неба одна за другой. Казалось, он был в состоянии сотворить чудо – вывести законы природы из чистой мысли, и именно эта его способность сделала его уникальным”.

Благодаря работам Дирака стало возможно описание всех известных в настоящее время видов материи во Вселенной. Его открытия позволили физикам разработать “квантовую теорию поля”, определившую поведение электронов и фотонов, и создать Стандартную модель, описывающую все известные сегодня элементарные частицы.

Работа на Би-би-си означала каждодневную готовность переезда туда, где вы нужны в тот или иной момент. Через год после рождения Питера семья Хиггса переехала в Бирмингем, а затем вернулась в Бристоль, куда Хиггсы прибыли за несколько дней до бомбардировки в Страстную пятницу 1941 года. Когда руководство Би-би-си снова перевело Томаса Хиггса в другое отделение, Питер и его мать остались в Бристоле. Там Питер поступил в Котамскую городскую среднюю школу, которая оказала на него большое влияние, в частности при выборе специальности.

Когда Великобритания вступила во Вторую мировую войну, Питер Хиггс решил пойти по стопам своего отца. Он любил языки, и больше всего ему нравились математика и химия, а уроки физики он считал неинтересными. Это было вызвано в основном тем, что многие из молодых и более продвинутых преподавателей ушли на фронт, и Питер и его одноклассники попали в руки старых, закосневших в рутине учителей. Когда дело дошло до сдачи экзаменов на аттестат, Хиггс получил награды по английскому, французскому, латыни, математике и химии – только в физике он не преуспел.

День в школе обычно начинался с утреннего собрания. Хиггс привык стоять в задних рядах, где коротал время за чтением имен, выбитых на огромном стенде, занимавшем большую часть стены. То были имена самых известных выпускников школы. Как-то Питер заметил, что одно имя значилось среди отличников по разным дисциплинам. Это был Поль Дирак, единственный лауреат Нобелевской премии, когда-либо закончивший это учебное заведение. Символично, что, когда Хиггс поступал в школу, ее директор собирался в

⁵¹ Уже написано много книг об антиматерии. Последнюю книгу – Frank Close. Antimatter. Oxford University Press, 2009 – трудно считать простым введением.

⁵² По словам Хиггса, “Дирак хорош в математике, но безнадежно плох в практических инженерных вопросах”.

отставку, а когда Дирак заканчивал школу, он только что занял этот пост.

Хиггс восхищался Дираком. Своей страстью к физике Хиггс обязан Дираку больше, чем любому из отцов-основателей квантовой механики. В школе его учитель английского языка призывал читать больше, особенно популярные книги Артура Эддингтона, Джеймса Джинса и Альберта Эйнштейна.

Одна из историй, описанная Эддингтоном, произошла 29 мая 1919 года, за десять лет до рождения Хиггса⁵³. У Эддингтона созрел гениальный план. Он понял, что природа сама дает способ проверки общей теории относительности Эйнштейна, которая утверждает, что массивные объекты создают гравитационные поля, искривляя пространство вокруг себя. Эддингтон быстро собрался и отправился в плавание на крошечный остров Принсипи у западного побережья Африки. Он и его коллеги прибыли как раз вовремя, чтобы стать свидетелями полного затмения Солнца.

Солнце имеет большую массу, чем все остальные небесные тела в Солнечной системе. Если бы это было не так, планеты вращались бы вокруг другого небесного тела. Если Солнце действительно искривляет пространство, то, когда Луна на короткое время затмит Солнце, эффект должен проявиться в сдвиге в обычном расположении звезд. Звезды, конечно, останутся на своих местах, но лучи света, испускаемые ими, вслед за пространством также искривятся, проходя вблизи Солнца, что и создаст видимость сдвига звезд. Так оно и получилось. Наблюдения Эддингтона были опубликованы через год, и на первых полосах всех газет появились сообщения об убедительном доказательстве теории Эйнштейна.

Хиггс читал запоем. Рассказы Эйнштейна, Эддингтона и других физиков захватили его воображение. А ведь физика, которую он учил в школе, казалась такой скучной! Видно, все интересное, думал Хиггс, в школьную программу не вошло...

За годы войны приоритеты науки изменились настолько, что в результате она оказала непосредственное влияние на исход войны. Сначала, когда в Германии победил нацизм, еврейские ученые либо потеряли работу, либо переехали в другие страны и стали работать там. Европейские физические школы в Берлине, Геттингене и Копенгагене фактически были уничтожены. Из других городов ученые тоже уехали. Эйнштейн переехал в Принстон, штат Нью-Джерси. Макс Борн – в Кембридж, а затем в Эдинбургский университет, Нильса Бора тайно перевезли в бомбовом отсеке бомбардировщика Королевских воздушных вооруженных сил в Великобританию, а затем он перебрался дальше – в Америку⁵⁴. Эрвин Шрёдингер надеялся обустроиться в Оксфорде, но его туда не пустили – университетским властям не понравилось, что он живет с двумя женщинами одновременно. А Гейзенберг, который родился в Вюрцбурге, в Северной Баварии, остался в Германии. Впоследствии он стал директором Института кайзера Вильгельма в Берлине.

Фундаментальные физические исследования на время войны были фактически приостановлены. В обоих воюющих лагерях ученые участвовали в технических проектах, призванных помочь военным. Немцы занимались ракетами, британцы изобретали радар. Компьютерная техника выросла на задворках разработок алгоритмов взламывания шифров. Впервые стали производить в массовых количествах пенициллин, что спасло бесчисленное

⁵³ S. Chandrasekhar. Verifying the theory of relativity. Bulletin of the Atomic Scientists, June 1975. Когда Хиггс учился в лондонском Королевском колледже, он считал Эддингтона “чокнутым”. Попытка Эддингтона объединить квантовую теорию с теорией относительности и гравитацией была охарактеризована Хиггсом как “полная чушь”.

⁵⁴ С помощью датских рыбаков Нильса Бора вывезли из Дании в Швецию. Затем он сел на борт бомбардировщика “Москито” и прилетел в Англию, после чего переехал в США, в Лос-Аламосскую национальную лабораторию, где стал работать в рамках Манхэттенского проекта – заниматься созданием американской атомной бомбы. Полный рассказ об этой истории и более подробно про Бора см. в кн.: George Gamow. Thirty Years that Shocked Physics. Dover Publications, 1985.

количество жизней.

За время войны ученые сильно продвинулись в ядерной физике. Уже было известно, что в реакциях деления при расщеплении атомов урана и других элементов выделяется энергия и при соответствующем умении можно инициировать цепную реакцию, в которой выделится огромная энергия из бесчисленного количества атомов, и тогда возникнет разрушительный взрыв.

Поль Дирак провел военные годы в Кембридже – был профессором математики на кафедре Лукаса. Это та самая должность, которую более чем за 250 лет до него занимал Исаак Ньютон, а 40 лет спустя – Стивен Хокинг. Вначале Дирак некоторое время работал над секретной технологией изготовления оружейного урана, который отправляли ученым, участвовавшим в Манхэттенском проекте – программе по созданию американской атомной бомбы. Руководителем проекта был Роберт Оппенгеймер. Работы велись в Лос-Аламосской национальной лаборатории в Нью-Мексико. Дирак всячески старался избегать исследований, связанных с военной тематикой. В то время в Кембридже ему сильно досаждал чрезвычайно способный, но вечно нарушающий общепринятые нормы поведения студент по имени Фримен Дайсон. Он обожал во время отключения электричества при воздушной тревоге забираться на крышу колледжа. А еще – забрасывать Дирака самыми разными вопросами. Иногда казалось, что это для него любимый вид спорта. Однажды Дирак даже прервал свою лекцию на середине и отправился искать ответ на очередной дайсоновский вопрос.

Теория деления ядра была разработана в 1938 году, почти за год до того, как началась Вторая мировая война. Немецкие ученые во главе с Отто Ганом, бомбардируя уран пучками нейтронов, обнаружили, что его атомы делятся и возникает два более легких элемента⁵⁵. В реакции высвобождалась энергия, а также образовывались нейтроны, причем их было больше, чем в падающем пучке. Но тогда эти нейтроны могут быть использованы для расщепления еще большего числа атомов урана, при этом испустится еще больше нейтронов. Важно, что в каждом акте реакции деления выделяется все больше и больше энергии.

Работа Гана основывалась на экспериментах итальянского физика Энрико Ферми, выполненных несколькими годами ранее в Риме. Ферми обнаружил, что в лаборатории можно создать радиоактивные элементы при бомбардировке урана нейтронами, но, насколько он мог видеть, ни в одном из его экспериментов не возникало деления урана. В то время большинство физиков думали, что нейтроны слишком “слабы”, чтобы расщепить атом на два более легких элемента, – они просто “осядут” в атомах и утяжелят их. За свою работу по “наведенной радиоактивности” в 1938 году Ферми был удостоен Нобелевской премии. В том же году он и его жена – еврейка Лаура – покинули Италию и направились в Нью-Йорк, сбежав от фашистского режима Бенито Муссолини.

Прибыв в Америку, Ферми стал участником Манхэттенского проекта. Теперь местом его работы была лаборатория с ничем не примечательным на званием – Чикагская металлургическая лаборатория. Ферми и его новые коллеги должны были построить под старым университетским стадионом ядерный реактор. 2 декабря 1942 года Джеймсу Конанту, руководителю комитета национальных оборонных исследований, поступил звонок от директора Чикагской лаборатории Артура Комптона. У него были потрясающие новости! Комптон произнес: “Итальянский мореплаватель только что высадился в Новом Свете”. Эта фраза могла означать только одно – в реакторе Ферми получена цепная реакция, высвободившая энергию атома. Начиналась эпоха атомной энергии.

В следующем году Фримен Дайсон покинул Кембридж – он получил место аналитика в оперативном исследовательском отделе командования бомбардировочной авиации Королевских военно-воздушных сил, расположенном в лесу на холме недалеко от

⁵⁵ Большая часть соответствующей работы по делению была проделана Ганом вместе с Лизе Майтнер и Фрицем Штрассманом. Для более подробной информации см. кн.: Siegmund Brandt. *The Harvest of a Century: Discoveries in Modern Physics in 100 Episodes*. Oxford University Press, 2009.

Бекингемшира и занимавшем несколько зданий из красного кирпича. Дайсон снял жилье в соседней деревне и каждое утро проезжал пять миль на мотоцикле; иногда его обгонял лимузин Королевских военно-воздушных сил, возивший в офис его босса, сэра Артура Харриса, прозванного Бомбардировщиком. Работа Дайсона состояла в том, чтобы сделать бомбардировочные рейды безопаснее, увеличить эффективность бомбежек старинных городов Германии, дабы нанести им максимальный ущерб. Позже он признавался, что эта работа сделала его экспертом в том, “как более экономно убить еще сто тысяч человек”.

Хиггсу было почти (без нескольких недель) 16 лет, когда в Великобританию пришла весть о капитуляции Германии. Премьер-министр Уинстон Черчилль в присущем ему драматическом стиле, но при этом с благородной сдержанностью объявил согражданам о прекращении огня. “Мы можем позволить себе короткий период ликования, но давайте не забывать ни на минуту, что нас ждет впереди много дел, поскольку вероломная и алчная Япония остается непокоренной”, – сказал он. Бристоль и другие британские города захлестнула волна ликования. Когда в пабах кончилось пиво, люди, одетые в красные, белые и синие одежды, продолжили празднества на улицах – до поздней ночи они танцевали и пели вокруг костров.

А еще через три месяца наступил настоящий финал – страшный, трагический, с демонстрацией нового ужасного оружия. Утром 6 августа 1945 года американский бомбардировщик “Энола Гэй” освободился от своего 9000-фунтового груза над портовым городом Хиросима на крупнейшем японском острове Хонсю. Груз падал 43 секунды и взорвался на высоте 2000 футов. Внутри бомбы сначала взорвался небольшой обычный заряд вблизи хвостового стабилизатора. Взрыв продвинул к металлическому цилиндру с ураном, расположенному вблизи носовой части бомбы, урановую трубу, соединенную с передней частью снаряда. Когда они встретились и была достигнута критическая масса, из сжатого взрывом инициатора в уран полетели нейтроны. Началась цепная реакция. Первые нейтроны расщепили несколько ядер урана, получившиеся вторичные нейтроны расщепили следующие ядра, нейтронов стало еще больше. По мере того как реакция набирала обороты, высвобождалась огромная энергия, и в конечном итоге бомба разорвалась в небе. “Энола Гэй” отлетел уже почти на двенадцать миль когда его потрянуло взрывной волной. Через несколько секунд она отразилась от земли, и пришла вторая ударная волна. Экипаж оглянулся назад – город был накрыт облаком, похожим на огромный гриб.

Новости о бомбардировке в тот же день стали известны немецким ученым, которые в начале года были взяты в плен и интернированы в Фарм-Холл, расположенный на окраине Кембриджа. Среди них были Отто Ган и Вернер Гейзенберг. Ган был безутешен. Он чувствовал себя ответственным за гибель сотен тысяч людей. Позже он говорил, что хотел покончить жизнь самоубийством, узнав, что его работы по делению ядер воплотились в реальную бомбу. Расшифровки прослушанных разговоров других ученых, чьи работы сделали возможным создание бомбы, также свидетельствуют об ужасе, их охватившем, и нежелании верить в то, что произошло⁵⁶.

Вернер Гейзенберг слушал и не верил. Он думал, что потребуются годы, чтобы создать бомбу, и был убежден, что сообщение американцев – пропагандистский трюк. Но оказалось, что он сделал серьезные ошибки в расчете критической массы урана, необходимой для цепной реакции и поэтом переоценил трудности в создании бомбы. В хиросимской бомбе в реакции участвовал только килограмм, или около двух процентов заложенного в нее урана, но этого было достаточно, чтобы уничтожить часть города в несколько квадратных миль и убить десятки тысяч человек.

Обсуждения в Фарм-Холле показали, что пережили ученые, когда выяснились последствия их работы. Отто Ган утешал другого немецкого ученого, Вальтера Герлаха: “Зря

⁵⁶ Чрезвычайно важные и часто трогательные диалоги между интернированными физиками собраны в кн.: Siegmund Brandt. The Harvest of a Century: Discoveries in Modern Physics in 100 Episodes. Oxford University Press, 2009.

вы расстраиваетесь, что не мы сделали урановую бомбу. Я на коленях благодарю Бога за это”. На что Герлах ответил: “Вы не могли остановить работу над бомбой. Я боялся думать о ней, но все-таки думал как об угрозе будущему миру, ведь человек, который угрожает бомбой, сможет добиться всего, что угодно”.

В своем интервью в телевизионном документальном фильме 1980 года Фримен Дайсон, описывая смешанные чувства, испытываемые им в отношении бомбы, как обычно, был честен и беспристрастен: “Я сам чувствую притягательность идеи ядерного оружия. Этому нельзя сопротивляться, если вы подходите к проблеме как ученый. Чувствуете, что это в ваших руках. Получить энергию, питающую звезды. Подчинить ее вашей воле. И для сотворения этих чудес запустить миллионы тонн руды в небо – все это дает людям иллюзию безграничной власти, и все наши беды – в некоторой степени – плата за это. Я бы сказал, что наши чувства можно назвать “техническим тщеславием, которое охватывает людей, когда они видят, что могут сделать мощью своего интеллекта”⁵⁷.

Бомбардировки Хиросимы, а позже – Нагасаки – привели к тому, что в Бристольском университете был прочитан курс лекций по физике деления ядер и научным аспектам атомной бомбы. Эти лекции посещал и Питер Хиггс. Часть студентов была в восторге от того, какое воздействие работы по ядерной физике оказали на ход истории. Других это отвратило. “Бомбы, сброшенные на Японию некоторых людей втянули в занятия теоретической физикой, но масса других бросила науку”, – говорил позже Хиггс. – Тогда я начал понимать, что происходит, и решил в будущем избегать всего, что имеет отношение к вооружению”.

В конце войны на физику стали смотреть по-новому. Война показала, что открытия в этой области науки непосредственно влияют на ход исторических событий. Цена медлительности, неспособности совершить открытие или использовать его оказалась чрезвычайно велика. Когда народы пришли в себя после войны, физика была возведена на пьедестал. Пришло время новому поколению ученых двинуться дальше в изучении квантового мира и взяться за разгадку природы массы.

Глава 3

Семьдесят девять строк

Как-то в мае 1950 года в пять часов дня Питер Хиггс делал доклад в лондонском Королевском колледже на заседании Максвелловского студенческого общества. После доклада возникла дискуссия, которая так никогда и не кончилась⁵⁸. Хиггсу тогда было 20 лет, но он уже был президентом этого студенческого общества. Его члены собирались каждую неделю, чтобы обсудить научные вопросы, выходящие за рамки университетских лекций. Тогда, в тот майский день, Хиггс спрашивал себя и своих друзей: смогут ли ученые когда-нибудь в будущем познать законы природы, проникнуть во все ее тайны. Сам он полностью в положительном ответе уверен не был.

Представления ученого, как и любого другого человека, о мире построены на сведениях, которые он накопил за жизнь, – на его жизненном опыте. Эти сведения формируются, когда наши чувства сигнализируют нашему разуму о том, что происходит вокруг нас. Мы видим какие-то предметы, слышим шум ими произведенный, чувствуем их движение, вдыхаем их запахи, ощущаем вкус. Наш мозг воспринимает все эти сенсорные сигналы и строит на их основе некую модель – наше собственное, очень личное

⁵⁷ Цитата взята из книги “The Day After Trinity”, где собраны документы о жизни и творчестве Роберта Оппенгеймера.

⁵⁸ Об этом – в президентском послании Хиггса Максвелловскому обществу. Протокол заседания находится в архиве Королевского колледжа в Лондоне.

представление о реальности.

А наука – искусство выявления закономерностей в этой реальности. Как отбрасываются тени, когда солнце движется по небу? Что происходит со светом, когда он проходит сквозь призму? В каком направлении вы летите, когда падаете? Научные эксперименты предназначены для того, чтобы отвечать на подобные вопросы. Если эксперименты все время дают один и тот же результат, возможно, за этим кроется важная закономерность. Правильно поставленный эксперимент помогает понять и сформулировать законы природы.

Сомнения Хиггса вполне естественны. Как ученые могут быть уверены, что наблюдения, которые они делают, реальны? Точно ли мы знаем, что наши чувства дают правильную картину физического мира? Безупречна ли работа нашего мозга по превращению наших жизненных наблюдений в представление о мире? “Можно только верить в то, что это так, доказать же это логически нельзя”, – говорил Хиггс. Наш ум способен и подвести нас. А вдруг эксперимент – продукт нашей фантазии, мы вообразили, что сделали его, поверили, что это было в действительности? Мы могли быть введены в заблуждение и увидеть то, что на самом деле не случилось. И тогда нечто, что показалось реальной закономерностью, законом природы, – не более чем игра воображения.

Протокол заседания, проходившего тем майским днем, написан черными чернилами аккуратным почерком на уже пожелтевших страницах тетради в бордовом переплете, которая хранится в архивах Королевского колледжа в Лондоне. Запись начинается с последовательного изложения аргументов Хиггса, а продолжается описанием выедступлений присутствовавших на заседании преподавателей и студентов. “Этот вопрос вызвал острую дискуссию”, – отмечено в протоколе.

Вопрос Хиггса знаком философам. На заре становления современной науки французский философ XVII века Рене Декарт размышлял над двумя серьезными проблемами: что человек способен познать и как он это может сделать. Декарт предположил, что есть злой демон, пытающийся одурачить нас, устраивая мысленные трюки. Если это так, то как же узнать, что есть истина? В чем демон нас не обманет? Декарт считал, что единственное, в чем можно быть уверенным, так это в том, что если мы думаем, размышляем, то уж точно существуем (*Cogito ergo sum* – Я мыслю, следовательно, я существую)⁵⁹.

Если бы Декарт на этом остановился, он бы оставил нам в наследство мрачный мир, пронизанный сомнениями и одиночеством. Но он пошел дальше, рассмотрев проблему с другой стороны. Что, если есть доброжелательный Бог, предположил он, который дал нам чувства, позволяющие правильно воспринимать действительность, и мозги, дабы правильно сопоставлять факты? Тогда на картина мира правильна. Если Бог хороший мы можем доверять нашим чувствам и радоваться что мир, который мы видим, и есть мир, который существует.

Хиггс не рассматривал Бога в качестве способа разрешения парадокса. В своем докладе он сказал что ему намного легче было бы поверить в научный результат, если бы множество людей сделали один и тот же эксперимент независимо друг от друга и получили бы одинаковый ответ. Друг Хиггса Майкл Фишер, присутствовавший на докладе, во время дискуссии поднял руку и заявил, что будет искать ответы собственными силами в окружающем его мире и сам сможет их найти. “Я должен полагаться на свои чувства!” – сказал он. Обсуждение зашло в тупик, и был объявлен перерыв.

Максвелловское общество было так названо в честь Джеймса Клерка Максвелла, который создал теорию света, работая в Королевском колледже примерно за восемьдесят лет до того, как там оказался Хиггс. Общество собиралось в комнате номер 2С, первой в Великобритании комнате, освещенной газовой лампой. В этой же самой комнате в 1946 году

⁵⁹ Более подробную информацию о солипсизме и философских размышлениях Декарта см., например, в кн.: Bertrand Russell. *Human Knowledge: Its Scope and Limits*. Routledge, 2009.

прямо во время лекции был арестован известным физик-ядерщик Алан Нанн Мэй – за шпионаж в пользу русских. За месяц до бомбардировки Хиросимы и Нагасаки Нанн Мэй переправил небольшое количество оружейного урана советскому агенту, а позже отправил ему подробную информацию о бомбардировке Японии. Он получил за это 200 долларов и бутылку виски.

Обычно в Максвелловском обществе выступали приглашенные докладчики. Артур⁶⁰ Чарльз Кларк, недавний выпускник колледжа, рассказывал о межпланетных путешествиях. Сэр Эдвард Эпплтон, получивший Нобелевскую премию за открытие верхнего слоя атмосферы – ионосферы – с помощью отражения от нее радиоволн, обсуждал шансы на получение сигналов от внеземных цивилизаций. Чарльз Колсон, первый профессор физик-теоретик колледжа, рассказывая о будущем физики, утверждал, что ученые всё поймут лет через десять или двадцать, если только не появится нечто неожиданное, например телепатия. Неудивительно, что для студента Хиггса эти собрания были невероятно важны как необходимое дополнение к основному курсу.

Когда Хиггсу исполнилось 17 лет, он поступил в Лондонскую городскую школу, расположенную вблизи собора Святого Павла, чтобы в течение года плотно позаниматься математикой. Хиггс обнаружил, что он был там единственным учеником, не одержимым мечтой попасть в Оксфорд или Кембридж. В семье Хиггса существовало устойчивое предубеждение в отношении Оксбриджа (так в Англии называли Оксфорд и Кембридж вместе), и оно передалось Питеру. “Мой отец считал, что слишком многие отправляются в Оксбридж, чтобы побездельничать там несколько лет. Все это очень хорошо для детей из богатых семей – они могут потратить впустую и свое время, и время их наставников, но, если вы серьезно относитесь к учебе, вам следует учиться в другом месте”, – рассказывал Питер.

Хиггс хотел жить дома, пока не получит степень. Имперский колледж в Южном Кенсингтоне он исключил из-за того, что в нем обучение ограничивалось только научными дисциплинами. Хиггс подал документы на физический факультет Университетского колледжа в Блумсбери, а затем и в Королевский колледж, занимавший несколько внушительных зданий на Стрэнде. Не получив ответа из Университетского колледжа, он принял предложение Королевского колледжа.

Питер понимал, что таланта к исследовательской, экспериментальной работе у него нет. Довольно быстро это поняли и его коллеги. Он мог бороться с установкой целую вечность, но все его усилия оставались безуспешными – ни один прибор в его руках работать не желал. В одном опыте Хиггса в тупик поставил барометр, который ни за что не хотел давать показания, пока техник не пожалел Питера и не предложил вынуть резиновую пробку, засунутую в головку барометра. Позже Хиггс попытался повторить классический эксперимент Милликена 1909 года, в котором электрическое поле заставляло заряженные капли масла парить в воздухе, но не смог заставить остановиться ни одну чертову каплю.

В тот же год, когда Хиггс начал учиться в Королевском колледже, Фримен Дайсон осуществил свою мечту. Он устал от послевоенной депрессивной Британии и страстно желал окунуться в атмосферу бурного американского оптимизма. В возрасте 23 лет он прилетел в Нью-Йорк и устроился на работу в Корнеллский государственный университет в группу Ханса Бете, возглавлявшего ранее теоретический отдел Манхэттенского проекта.

В Корнелле Дайсон сразу погрузился в труднейшую проблему, которая угрожала сильно затормозить развитие квантовой физики. Для ее решения необходимо было, в частности, создать теорию поглощения и излучения света атомами и электронами. Эта задача

⁶⁰ Кларк, известный писатель, автор романов, написанных в жанре научной фантастики, был выпускником Королевского колледжа и учился в университете за несколько лет до Хиггса. Его идеи о межпланетных путешествиях в то время всеми высмеивались.

была лишь частью другой огромной проблемы – описания всех различных видов частиц и их взаимодействий с позиции квантовой механики. В центре её была трудность, возникшая в квантовой теории поля, которую физики разработали для описания элементарных частиц. Дело было в том, что квантовая электродинамика, теория, описывающая взаимодействия электронов и фотонов, при определенных обстоятельствах приводила к парадоксу (проблема бесконечностей).

Роберт Оппенгеймер обратил внимание на этот парадокс, когда ему было 26 лет, в 1930 году, но вмешалась война, и проблема была отложена в сторону. Тогда Оппенгеймер с помощью квантовой теории поля попытался разобраться, что происходит, когда электрон испускает частицу света и быстро поглощает ее снова. Это квантовый эквивалент бросания теннисного мяча в воздух, когда он на обратном пути вниз опять попадает в ваши руки. Вы тратите энергию, когда бросаете мяч, но получаете ее обратно, когда ловите его.

Количество энергии, которую человек затрачивает и соответственно получает, когда бросает и ловит теннисный мяч, слишком мало, чтобы причинить ему какой-либо вред, а вот излучение и поглощение частиц света способно повредить электрону. Природа не накладывает верхнего предела на количество энергии, которой может обладать частица света, к тому же электроны постоянно могут излучать бесчисленное множество “виртуальных фотонов”. Оппенгеймер посчитал, и оказалось, что эти вылетающие фотоны приводят к бесконечным изменениям энергии атома. А поскольку такое невозможно, следовательно, с теорией что-то не так. Она прекрасно работала как грубый ориентир, но не более того.

Один из физиков, с которым Дайсон встретился в Корнелле, был Ричард Фейнман. Этот уроженец Нью-Йорка, уверенный в себе блестящий молодой ученый, осмелился броситься на спасение терпящей бедствие квантовой теории поля⁶¹. В 1947 году Фейнман понял, что вместо того, чтобы рассматривать каждую частицу света, возникшую и исчезнувшую вблизи электрона, лучше отступить подальше и рассмотреть фотоны скорее как облако энергии, окутывающее электрон. Сделав это, можно перенормировать массу и заряд электрона, принимая во внимание эффект фотонного облака. Когда Фейнман провел математические выкладки, бесконечность, доставившая столько неприятностей и грозившая убить теорию, исчезла.

Работа Феймана привела к выработке принципа, известного как принцип перенормировки. Это был прорыв, необходимый квантовой электродинамике, – она приобрела прочный фундамент. Стало ясно, что теория правильно описывает не только медленные, низкоэнергетические частицы, но и частицы с высокими энергиями, которые носятся вокруг со скоростью света или близкой к ней. Работа Феймана должна была бы вызвать восторг физиков во всех университетах, но возникло одно омрачающее радость обстоятельство – к решению этой же проблемы, но совершенно иными путями пришли два других ученых: Джулиус Швингер из Гарвардского университета и Синьитиро Томонага из Токийского университета. Томонага решил эту проблему еще во время войны, но потребовались годы, чтобы о нем узнали на Западе. Щекотливая ситуация повторяла некрасивую историю конца 1920-х, когда Гейзенберг и Шрёдингер разработали две конкурирующие формулировки квантовой механики.

Летом 1948 года Дайсон и Фейнман сорвались с места и отправились из Нью-Йорка в Альбукерке, Нью-Мексико. По пути они поговорили о физике, подвезли попутчиков, провели ночь в борделе (поскольку в местных отелях свободных номеров не оказалось) и поимели неприятности от полиции за превышение скорости. В планы Феймана входила

⁶¹ О Феймане написано несколько отличных книг, однако трудно превзойти его собственные воспоминания о событиях, приведших к теории перенормировки. Хороша его нобелевская лекция, прочитанная в декабре 1965 года.

встреча с некой девушкой⁶², а потому Дайсон продолжил путешествие один.

Дайсон открывал для себя Америку, путешествуя по стране в ветхих автобусах компании “Greyhound”, курсировавших между пустынными терминалами, обычно расположенными почему-то в наиболее глухих районах американских городов. После пары недель путешествий он сел в автобус, едущий из Калифорнии в Нью-Йорк. Где-то в глубине штата Небраска, когда он рассеянно смотрел в окно, его внезапно осенило. Он несколько недель, не думал о физике, но тут мысль словно взорвалась, в его сознании. Он с кристальной ясностью представил себе работы Фейнмана, Швингера и Томонаги. Они выглядели такими разными, но Дайсон понял, что авторы пришли к одному и тому же результату, правда используя разные методы. У Дайсона не было ни ручки, ни бумаги, чтобы записать свои мысли, но все это ему было не нужно. Он придумал в уме, как объединить три теории в одну. Вернувшись в Корнелл, Дайсон проверил свои идеи и убедился, что все правильно. Его статья, вышедшая в 1949 году, произвела сенсацию.

Наука движется вперед скачками. То одна проблема решается, то другая, но на их месте тут же появляются новые. Работы Дайсона увенчали здание, в фундаменте которого лежала теория электромагнитного поля Максвелла и которое росло с каждым новым прорывом в физике. После опубликования статьи Дайсона ученые наконец-то получили совершенно работоспособную квантовую теорию поля, объяснявшую поведение наиболее важных частиц во Вселенной – электронов и фотонов. Недаром Фейнман назвал квантовую электродинамику (КЭД) жемчужиной физики.

Успех квантовой электродинамики определил направление развития теоретической физики элементарных частиц на оставшуюся часть XX века. К примеру, ученые решили расширить рамки квантовой теории поля и объяснить поведение других частиц, таких как субатомные частицы, из которых состоят ядра атомов. В квантовой теории поля считается, что наша Вселенная пронизана различными полями. Кванты этих полей – это либо частицы, из которых построена материя, либо частицы, служащие для передачи взаимодействия между ними. Например, частицы света – фотоны – кванты электромагнитного поля и переносчики электромагнитного взаимодействия, электрон – частица материи и квант электрон-позитронного поля, глюоны – переносчики сильного взаимодействия.

А между тем Питер Хиггс заканчивал последний год своей учебы в Лондоне. Неудачные попытки проделать эксперименты убедили его, что в будущем он должен заниматься теоретической физикой. Ему повезло: Королевский колледж только что запустил курс лекций по теоретической физике, и Хиггс стал первым, и единственным, его слушателем. В конце учебного года руководители физического факультета поняли, что у них возникли некие трудности. Преподаватели должны были устроить Хиггсу экзамен, но не знали, какие вопросы задать, – раньше им не приходилось принимать экзамен по теоретической физике. И тогда одному из профессоров пришла в голову блестящая идея, которая всем понравилась. Уважаемые мэтры взяли физическую статью, только что опубликованную в одном из лучших физических журналов. Думая, что Хиггс вряд ли видел ее, не говоря уже о том, чтобы прочитал, они превратили статью в экзаменационную задачу для Хиггса.

Более пятидесяти лет спустя, на заседании Королевского общества в Лондоне, я встретил Майкла Фишера, выдающегося физика, профессора Университета штата Мэриленд. Он был весьма элегантен и одет столь безукоризненно, словно по пути на заседание заехал

⁶² Это не бросает тень на личность Фейнмана. Отношения Фейнмана с женщинами и его браки были проникнуты нежностью и преданностью. Для более полной информации см. кн.: William Cropper. The Great Physicists (см. библиографию).

на Сэвил-роу⁶³. С удовольствием вспоминая прошлое, этот невысокий человек широко улыбался. Он едва помнил стародавние философские споры с Хиггсом в Максвелловском обществе, но именно в ту пору сокурсники стали друзьями на всю жизнь. Фишер и поведал мне об экзамене, который устроили Хиггсу в выпускной год. Когда Питер передал свой листок с решением профессору, тот посмотрел на него с явным недоверием: Питер получил правильный ответ, и более того – “Его решение оказалось лучше, чем у автора статьи!” – с восторгом рассказывал Фишер.

Выпускной год. Нужно решить, что делать дальше. Хиггс отчаянно хотел пройти аспирантуру по квантовой теории поля. Питер знал, что Поль Дирак все еще работал, причем в одной из лучших научных групп мира, в Кембриджском университете. Однако существовало две проблемы: одна – Дирак, другая – Кембридж. Хиггс по-прежнему настороженно относился к Оксбриджу и тем, кто там учился и работал. Но и с Дираком было очень непросто. Великий ученый был молчалив до такой степени, что некоторые считали его аутистом. Это качество давало повод посудачить о его странностях в отношениях с людьми. Так, Дирак не любил брать аспирантов: считал руководство их работой рутинной и редко проявлял интерес к их успехам. Один молодой физик, Деннис Скьяма, который в дальнейшем стал научным руководителем британских космологов Стивена Хокинга и Мартина Риса, в течение короткого времени был аспирантом Дирака. Однажды Денниса осенила блестящая идея из области космологии. Он тут же побежал к своему научному руководителю и постучал в дверь его кабинета. Услышав “войдите”, он открыл дверь и сказал: “Профессор Дирак, я только что придумал, как связать формирование звезд с космологическими вопросами, можно я расскажу вам об этом?” Дирак ответил: “Нет”. Скьяме не оставалось ничего иного, как уйти.

Существовало и более серьезное обстоятельство, повлиявшее на будущее Хиггса. Он обсудил свои планы с Чарльзом Колсоном, а тот предупредил молодого ученого, что квантовая теория поля зашла в тупик. “Это та область, в которой вы либо ничего не достигнете, либо получите Нобелевскую премию”, – сказал Колсон. Хиггс в то время не знал, что мнение Колсона уже устарело – проблемы, которые он имел в виду, были решены годом ранее Фрименом Дайсоном, Ричардом Фейнманом и другими.

Хиггс выбрал наиболее безопасный путь и – остался в Королевском колледже. Его докторская диссертация была посвящена теоретическим вопросам химии, имеющим важное значение для понимания структуры молекул.

После того как молодые ученые получают докторскую степень, они обычно проводят какое-то время в постдокторантуре⁶⁴. Её можно считать неопределенным, промежуточным состоянием. Обычно она длится один-два года, в которые молодые ученые получают университетские стипендии. Это выгодно университетам, поскольку постдоки – довольно дешевая рабочая сила. Хиггс провел несколько лет на постдокских позициях. Из них два года на физическом факультете в Эдинбурге – городе, в который он влюбился, когда путешествовал автостопом во время международного фестиваля в 1949 году. Потом он работал в других местах – в Имперском колледже, а затем в Университетском колледже Лондона, – и там читал лекции по математике.

В Университетский колледж Хиггс пришел работать в 1960 году и сразу устроился временно на вторую работу секретарем научной группы в Кампанию за ядерное разоружение (CND). Эта организация была создана в 1958 году видными политическими деятелями левого толка, которые добивались одностороннего запрета на ядерное вооружение. Первые походы

⁶³ Сэвил-роу – улица в центре Лондона, на которой расположены дорогие ателье и магазины мужской одежды. (Здесь и далее примеч. пер.)

⁶⁴ В 1950-х годах постдокские стипендии были редкостью, и эти позиции были чрезвычайно престижными. В Лондоне только несколько студентов получали такие стипендии. Хиггс окончил Королевский колледж лучшим по физике в своем выпуске.

на Олдермастон – ядерный военный объект Великобритании – собрали массу народа, тогда казалось, повсюду были развешаны плакаты CND.

Хиггс был ответственным за организацию переговоров с учеными, поддерживающими Кампанию. В марте того же года он надеялся пригласить американского ученого и борца за мир Лайнуса Полинга, получившего в 1954 году Нобелевскую премию за работы по природе химической связи. Сначала видный офтальмолог из Оксфорда Антуанетта Пири написала Полингу и попросила его сообщить Хиггсу, сможет ли тот приехать в Лондон на званый вечер или коктейль-пати, организуемые CND, или выступить на заседании Кампании за ядерное разоружение. Письмо, написанное 25 марта 1960 года, содержало оценки Пири состояния современной ядерной проблемы в Англии: “Официальные круги в Великобритании теперь против ядерного оружия, но по разным, не относящимся к сути проблемы причинам, например финансовым, многие политические партии по-прежнему считают нужным опираться на американское устрашение”. Заканчивалось письмо на оптимистической ноте: “Может быть, новые русские инициативы по частичному запрету и контролю вызовут положительную реакцию м-ра Макмиллана или г-на Эйзенхауэра. Пройти даже небольшой путь в правильном направлении – это так важно!” Оба – премьер-министр Великобритании Гарольд Макмиллан и президент США Дуайт Д. Эйзенхауэр – во время холодной войны наращивали свои силы ядерного сдерживания.

Письмо пришло на домашний адрес Полинга в Пасадине, Калифорния, но затерялось в куче бумаг. Хиггс получил ответ три месяца спустя, со множеством извинений. В своем письме Полинг подчеркнул, что находится в настоящее время под сильным давлением. Летом ему было приказано предстать перед Комитетом по законодательству на слушаниях по безопасности. Причем его попросили принести с собой списки имен всех людей, помогавших собирать подписи под составленной Полингом петицией с настоятельным призывом к Организации Объединенных Наций внести предложения по международному соглашению о запрещении испытаний ядерного оружия. Давая понять, что он не намерен подчиниться, Полинг выражал надежду, что, возможно, еще не слишком поздно приехать в Лондон на заседание CND.

Два года спустя Полинг получил Нобелевскую премию мира. Он стал вторым в истории лауреатом награжденным двумя разными Нобелевскими премиями. Первой была Мария Кюри: премия по физике в 1903 году за исследование радиоактивности и по химии в 1911 году за открытие радиоактивных элементов радия и полония.

Осенью 1960 года Хиггс получил место, которое уже давно ждал. Николас Кеммер, один из коллег Дирака по Кембриджу, перешел в Эдинбургский университет на профессорскую ставку, недавно освобожденную Максом Борном. Кеммер искал лектора по физике, и Хиггс был идеальным кандидатом. Не было на свете человека менее похожего на Дирака, чем Кеммер, –разговорчивый, с легким характером, находящий общий язык с самыми разными людьми. Конечно же шутя Кеммер говорил своему протеже, что давным-давно потерял контакт с современной физикой. Тоже активно участвуя в движении по ядерному разоружению, он вскоре скинул на Хиггса многие свои обязанности, в том числе организацию регулярных совещаний сотрудников CND.

Страх тотальной ядерной войны привел к пополнению рядов CND, но ее раздирали внутренние серьезные разногласия по вопросам о допустимости прямых ненасильственных действий, таких как блокада и массовые сидячие забастовки⁶⁵. Сторонники прямых действий победили, и в 1961 году они организовали протесты перед Министерством обороны в Холи-Лох, в Шотландии, где базировался флот США, в частности ядерные подлодки “Посейдон”. Более тысячи активистов CND были тогда арестованы.

⁶⁵ Есть несколько хороших отчетов об истории движения за ядерное разоружение, в том числе: Richard Taylor. *Against the Bomb: The British Peace Movement 1958-1965*. Oxford University Press. 1988. Рассказ Вертрана Расселла о кампании против Лайнуса Полинга см. в кн.: Bertrand Russell: *Critical Assessments*, edited by Andrew Irvine, Routledge, 1998.

Популярность CND только увеличила рабочую нагрузку Хиггса, но он не собирался жаловаться. Эта деятельность перевернула и его личную жизнь. В первый год своего пребывания в Эдинбурге на встрече сотрудников CND Хиггс разговорился с 24-летней девушкой, приехавшей из Урбаны, штат Иллинойс, изучать развитие техники речи. Она была со своими друзьями из CND, и звали ее Джоди Уильямсон. Вскоре у нее с Хиггсом начался бурный роман.

На физическом факультете Хиггс был ответственным за научные журналы, которые каждую неделю приносили в офис секретаря. Он бегло их просматривал, на обложке отмечал даты и выставлял на стенд для просмотра другими сотрудниками. В один из весенних дней 1961 года Хиггс, листая свежий журнал, натолкнулся на статью, привлекающую его внимание: американский физик японского происхождения Ёитиро Намбу из Университета Чикаго, пытаясь объяснить, как элементарные частицы могли приобрести массу, использовал теорию сверхпроводимости⁶⁶. Намбу до переезда в Чикаго работал с Эйнштейном. Его авторитет в науке был невероятно высок, недаром о нем говорили: Намбу настолько интеллектуально превосходит собеседников, что его часто не понимают⁶⁷.

Нормальный проводник, например медная проволока, проводит электричество из-за того что его атомы расположены относительно друг друга определенным образом. Они образуют решетку, в которой орбиты электронов, вращающихся вокруг одного атома меди, перекрываются с орбитами электронов соседнего атома. Фактически это решетка положительных ионов меди, погруженная в море почти свободных электронов, способных легко перемещаться. Вот почему медная проволока хорошо проводит электричество – электроны движутся вдоль нее как вода по садовому шлангу.

Проводимость меди, как и других металлов, зависит от температуры. При нагреве проводимость падает, поскольку ионная решетка колеблется и затрудняет продвижение электронов. Когда металл остывает, амплитуды колебаний уменьшаются, и электронам становится легче двигаться. Тем не менее нормальный металл никогда не станет идеальным проводником, потому что даже при абсолютном нуле, то есть при -273 градусах по Цельсию, электроны по-прежнему рассеиваются на дефектах и примесях решетки.

Сверхпроводник отличается от нормального проводника коренным образом. Если его охладить до определенной температуры, он вдруг теряет все свое электрическое сопротивление. Такое странное поведение сверхпроводящих материалов привело ученых к мечте о внутренних и транснациональных сверхэффективных энергетических системах, где будут использоваться сверхпроводящие провода, по которым электрический ток будет идти даже без малейших энергопотерь.

В конце 1950-х ученые открыли механизм сверхпроводимости, то есть поняли, что заставляет сверхпроводники вести себя в соответствии со своим названием. Когда сверхпроводник охлаждается ниже критической температуры, его электроны образуют пары – явление это очень необычное. Такие электронные пары в сверхпроводниках ведут себя, словно кристаллической решетки не существует вовсе, они подобны некой сверхтекучей субстанции, перемещающейся по кристаллу без потери энергии. Итак, если температура

⁶⁶ Намбу опубликовал несколько статей уже в 1960 году, например, в “Physical Review Letters” и “Proceedings of the 10th Annual Rochester Conference on High Energy Nuclear Physics”. Более подробную статью см. в: “Physical Review”. Vol. 122. No. 1 (1961). P. 345-358.

⁶⁷ Бруно Зумино из Калифорнийского университета в Беркли рассказал о своей попытке понять Ёитиро Намбу: “Мне пришла в голову мысль, что, если я смогу узнать, что Намбу думает сейчас, я буду иметь преимущество в десять лет перед всеми. Поэтому я разговаривал с ним в течение длительного времени. Но прежде чем мне удалось понять хоть что-то, прошло десять лет”. Кроме того, Эд Виттен из Института перспективных исследований в Принстоне сказал однажды о Намбу: “Люди не понимают его, потому что он видит слишком далеко вперед”.

сверхпроводника ниже критической температуры, его сопротивление равно нулю⁶⁸.

События, происходящие внутри сверхпроводника и приводящие к мгновенной потере⁶⁹ электросопротивления, – пример того, что физики называют нарушением симметрии. Концептуальный прорыв Намбу состоял в том, что он поставил вопрос: а вдруг именно какое-то нарушение симметрии, происшедшее где-то во Вселенной, сделало безмассовые частицы массивными? В своей статье он набросал вариант такого развития событий, при котором протоны, нейтроны и некоторые другие частицы могли приобрести массу. В работе Намбу не содержалось никаких доказательств, но она заронила в умы физиков, в том числе Хиггса, мысль о том, что нарушение симметрии может быть ключом к пониманию происхождения массы.

Трудно переоценить значение, которое симметрия сыграла в истории физики. Всегда, еще со времен Галилея, симметрия для физиков была путеводной нитью при постижении законов природы. Под симметрией физики понимают свойства природы, которые остаются неизменными при различных операциях.

Проявление симметрии можно увидеть везде Шар для снукера (разновидность бильярда) вы глядит одинаково, с какой стороны на него ни посмотри, потому что он полностью симметричен Раскрути его вокруг оси, как волчок, и его внешний вид не изменится. Это пример того, что называется вращательной симметрией. Кроме этого существует бесчисленное множество других видов симметрии. Вот пример пространственной, или трансляционной, симметрии: перенесите мяч и положите его на стол рядом с собой – он по-прежнему выглядит так же. Погуляйте минут десять, и, когда вы вернетесь, шар снова не изменится – это временная симметрия. То есть вид шара не зависит от его положения в пространстве или во времени.

Разные виды симметрии настолько глубоко укоренились в нашем сознании, что мы их воспринимаем как должное. Для физиков симметрия является инструментом постижения мира. Если мы знаем вид симметрии объекта или процесса, происходящего в природе, значит, мы на правильном пути к его пониманию. Предположим, вы говорите вашему приятелю-физику, что у вас в левой руке что-то идеально симметричное. Он предположит, что это вероятно, предмет сферической формы. Теперь допустим, что вы говорите, что в правой руке у вас предмет, который полностью симметричен при вращении вокруг вертикальной оси. но при вращении вокруг любой горизонтальной оси он становится прежним только после каждого полного оборота Ваш друг легко догадается, что вы держите кий для снукера. Посмотрите на замелованный конец кия и убедитесь, что он выглядит так же, сколько бы вы его ни вращали вокруг вертикальной оси. Но, если вы начнете поворачивать кий концом вверх или в сторону, он будет выглядеть так же только тогда, когда замелованный кончик кия вернется в исходное положение. Зная симметрию объекта, можно понять, как он выглядит. Кстати, ваш друг-физик с тем же правом мог бы предположить, что вы держите в руках карандаш, рожок мороженого или даже сомbrero.

В 2008 году Ёитиро Намбу получил Нобелевскую премию по физике за свою работу по нарушению симметрии. Когда профессор Ларе Бринк, член шведской Королевской академии наук, вручал награду, он начал с провозглашения простой истины: “Земля круглая”. И продолжил, рассказав не только о том, как люди понимают симметрию, но и как она важна в установлении законов физики. Земля, как и любая другая планета, круглая, поскольку

⁶⁸ Сверхпроводимость является гораздо более сложным и тонким процессом, чем я описал. Хорошее введение в сверхпроводимость см. в кн.: P.J. Ford and G. A. Saunders. *The Rise of the Superconductors*. CRC Press, 2004; Gerhard Bomer. *The Early Universe*. Springer, 2004.

⁶⁹ Существует полезный раздел по теме нарушения симметрии в кн.: John Barrow. *New Theories of Everything*. Oxford University Press, 2007. См. также: Robert Crease and Charles Mann. *The Second Creation: Makers of the Revolution in Twentieth-Century Physics*. Rutgers University Press, 1996: *Broken Symmetries. A Scientific Backgrounder on the Nobel Prize in Physics*. Royal Swedish Academy of Sciences, 2008.

гравитационное поле симметрично. Оно распространяется одинаково во все стороны из центра массы, порождающей это поле.

Однако Земля помогает понять, что симметричные законы не обязательно формируют мир в симметричной форме. Законы физики, определяющие, насколько наша планета велика и как она вращается в пространстве, симметричны, но не нужно вглядываться слишком пристально, чтобы увидеть, что наша планета не является идеальной сферой – она приплюснута у полюсов. Кроме того, движение континентальных плит привело к появлению возвышающихся над поверхностью горных хребтов. Форма Земли является свидетельством того, что, даже если законы физики симметричны, результаты этих законов не обязаны быть симметричными. Реальный мир скрывает симметрию законов, которые им управляют.

Каждый раз, когда вы поднимаетесь с постели, вы становитесь свидетелем некоторого нарушения симметрии. Гравитационное поле Земли ломает симметрию направлений в нашем мире. Гравитация определяет, какое направление является направлением вниз, и, как только это установлено, определяются соответственно направления вверх, влево и вправо. Нет гравитационного поля – нет низа и верха.

Отклонения от симметрии иногда могут быть более информативными, чем сама симметрия. Посмотрите в зеркало. Если вы миловидны, а я предполагаю, что это так, то вы увидите, насколько симметрично ваше лицо. Ваши глаза находятся примерно на одном уровне, то же самое с ушами, и выступают они с каждой стороны лица одинаково. Ваш нос и рот лежат на линии, которая проходит точно между глаз к центру подбородка. Про волосы говорить не будем – неизвестно, какую прическу вы в этот момент соорудили.

Многие ученые полагают, что симметричное лицо красиво, потому что считают симметрию признаком здорового развития сточки зрения генетики Теория собрала много доказательств, подтверждающих это. Биологические сбои, тормозящие экспрессию, проявление определенных генов, могут приводить к медицинским аномалиям, которые и выдает лицевая асимметрия. Некоторые отличительные признаки асимметрии лица указывают на генетический сбой, называемый синдромом “хрупкой X-хромосомы”, – наиболее распространенное сегодня наследственное психическое нарушение. В биологии, так же как и в физике, симметрия, или ее отсутствие, позволяет нам глубже понять процессы, скрытые от глаз.

Намбу предположил, что в основе приобретения частицей массы лежит спонтанное нарушение симметрии. Вы можете увидеть его в действии, если поставите ручку вертикально и отпустите ее. Ручка упадет в то или иное положение. Она перейдет из стоячего симметричного положения в лежащее – несимметричное. Потеря симметрии неизбежна – ручка находится под действием гравитационного поля Земли и потому падает. Намбу в своей работе предположил, что Вселенная была создана в симметричном состоянии, в котором все частицы были безмассовыми. Потом, благодаря включению нового вида поля, симметрия нарушилась, и некоторые частицы вдруг обнаружили, что получили массу.

Идея Намбу казалась убедительной, но обладала недостатком, который осознавал и он сам. Британский физик Джеффри Голдстоун отметил, что вид нарушения симметрии (спонтанное нарушение симметрии), предложенный Намбу, пришел с обязательным гарниром – безмассовыми частицами (бозонами Намбу-Голдстоуна)⁷⁰. Это означало, что они должны были появляться в процессе нарушении симметрии. Если эти неизвестные частицы существовали, они легко возникали бы в природе и вылетали из Солнца и других звезд. Мы бы видели их везде. Тот неоспоримый факт, что мы их не видим, заставил ученых

⁷⁰ Первоначально полагали, что эти частицы, названные голдстоуновскими бозонами, наполняют любую систему со спонтанно нарушенной симметрией. Причина, по которой они создавали проблему, такова: чтобы родиться, безмассовым частицам нужно очень мало энергии, следовательно, если бы они существовали, их можно было бы так же легко наблюдать в природе, как фотоны, кванты света. Тот факт, что никто не видит эти безмассовые частицы, позволил с большой вероятностью предположить, что к обретению частицами масс привело не спонтанное нарушение симметрии. Проблема вошла в науку как теорема Голдстоуна.

предположить, что теория Намбу неправильна.

Хиггс был не единственным, кто понял глубинный смысл работы Намбу. В Корнеллском университете в штате Нью-Йорк два физика – Роберт Браут и Франсуа Энглер – были уверены, что работа Намбу невероятно важна для физики элементарных частиц. Ученые познакомились несколькими годами ранее, когда Брауту, который уже был в Корнелле, понадобился помощник. Браут спросил своего друга Пьера Эйгрейна, известного европейского физика, есть ли у того кто-нибудь на примете. И уже вскоре Энглер, инженер, переквалифицировавшийся в физика и работавший с Эйгрейном в Свободном университете Брюсселя, покупал билеты на самолет, отправлявшийся в Америку.

Энглера переезд беспокоил. Он не встречал Браута раньше и вообще не знал никого в Америке. Но волновался он зря. Выйдя из таможни в Нью-Йорке, он увидел встречавшего его Браута. Американец предложил выпить, и они направились в бар Итаки, города, в котором располагается Корнеллский университет. Один глоток, другой – и вот уже ученые перешли от физики к разговорам о жизни. Со временем Браут и Энглер стали близкими друзьями. Часто один радостно заканчивал фразу, начатую другим а тот с удовольствием передразнивал неуклюжие попытки приятеля говорить на его родном языке

Вскоре после опубликования статьи Намбу Энглер заскучал в тихой Итаке по бурной брюссельской жизни. В 1962 году он вернулся в Бельгию. А спустя некоторое время Браут последовал за ним – оба друга получили академические позиции в брюссельском Свободном университете. Там они проштудировали работы Намбу более подробно.

А между тем в американском Кембридже, штат Массачусетс, третья группа физиков подбиралась к проблемам, над которыми уже работали Хиггс, Браут и Энглер. Никто из них не знал, что делают другие, и даже не подозревал, что участвует в соревновании за величайший приз в современной физике.

Еще будучи студентами, Джерри Гуральник и Дик Хаген были неразлучны. Гуральник учился в Гарварде, а Хаген – в Массачусетском технологическом институте (MIT), но лекции, которые они слушали, были общими. Оба благоговели перед своим профессором – Джулиусом Швингером, гарвардским физиком, чьи его работы 1940 года внесли большой вклад в формирование квантовой электродинамики. Приходя на лекцию, Швингер начинал писать уравнения в левом верхнем углу доски и продолжал до тех пор, пока не доходил до правого нижнего угла, после чего останавливался и спокойно покидал аудиторию. Понять его лекции было чрезвычайно трудно, но при определенном интеллектуальном усилии в них можно было разглядеть проявление человеческого гения.

В 1964 году Гуральник переехал в Лондон получив стипендию в Имперском колледже, где руководителем группы физиков-теоретиков, ведущих специалистов в области нарушения симметрии был блестящий шестидесятилетний пакистанский физик Абдус Салам. Гуральник и его жена Сьюзен сняли скромную квартиру в Хэмпстеде на севере Лондона. Пока Сьюзен проходила аспирантуру по истории Гуральник знакомился с новыми коллегами. Одного из них звали Том Киббл. Это был высокий парень с ангельским лицом и глубочайшим интеллектом. Киббл показал Гуральнику “прелести” столовского обслуживания в Имперском колледже, пригласив его на ланчи из мерзких крутых яиц и десертов, пропитанных чем-то вроде заварного крема.

Гуральник и Киббл, работая вместе, развивали идею о том, что масса частиц может быть результатом нарушения симметрии. Гуральник, уверенный, что работа пошла бы быстрее, если бы в их команде был Хаген, пригласил его в Лондон. Хаген откликнулся на приглашение и поселился у Гуральников, так что в их хэмпстедской квартирке в самом сердце Англии образовался американский дружеский кружок.

Университетская жизнь в Лондоне не сильно отличалась от университетской жизни в Америке, но Гуральник и Хаген были совсем не готовы к общению с миром за пределами их башни из слоновой кости. Атмосфера в Имперском более формальной, чем та, к которой Гуральник привык, так что ему пришлось отправиться на метро в центр Лондона и

приобрести себе новый костюм. Портному Гуральник объяснил, что он хочет, так, как сделал бы это в Америке: “Мне нужен жилет и две пары твидовых штанов”. Эта просьба заставила портного удивленно поднять брови. Лишь потом Гуральник понял, что в Англии его слова означали, что он просит сшить твидовые подштанники.

В хэмпстедской квартире не было отопления, а в Лондоне тот год начался с отчаянных холодов. Чтобы как-то прогреть верхние комнаты, Гуральник купил электрический нагреватель с открытой спиралью и включил его на полную мощность. Однажды Гуральник услышал визг из гостиной. Вбежав туда, он увидел, что Хаген прыгает, держа в руках дымящиеся брюки. Оказалось, Хаген пришел домой промерзший до мозга костей и, чтобы согреться, встал прямо у нагревателя. В тот момент Гуральник понял, почему в метро у многих девушек в мини-юбках красные полосы на ногах. Видно, замерзнув, они, дабы согреться, подходили слишком близко к нагревателям.

Существует такая, правда ныне умирающая, традиция – публиковать возражения на результаты статей на страницах тех же научных журналов, в которых эти статьи опубликованы. Когда ученый публиковал работу, с которой его коллеги были не согласны, они посылали в редакцию письма с критикой и просьбой их напечатать. В свою очередь автор оригинальной статьи получал право на ответ. Это цивилизованный, но не особенно быстрый способ обсуждения научной работы. Весной 1964 года одна из таких дискуссий развернулась на страницах американского журнала “Physical Review Letters”. Годом ранее Филипп Андерсон, физик из “Bell Laboratories”, штат Нью-Джерси, заметил, что проблема безмассовых частиц, которая казалась, потопила теорию Намбу, возможно, вовсе и не проблема. Андерсон, удостоенный Нобелевской премии в 1977 году за работы по электронной структуре магнитных и неупорядоченных систем, проводил аналогию со сверхпроводниками, где безмассовые частицы – фотоны – сразу же становятся тяжелыми в результате взаимодействия. Он полагал, что идея Намбу была правильная, зато построенная на ней теория – ошибочна. Дискуссия началась, когда Бен Ли и Авраам Клейн, физики из Пенсильвании, опубликовали некоторые свои идеи в журнале – они думали, что смогут исправить теорию Намбу. За этой статьей быстро последовало письмо от другого физика, Уолли Гилберта из Гарварда, который забраковал их идеи⁷¹. Читая письмо Гилберта, Хиггс расстроился – он понял, что его собственная работа тоже неправильна.

Впереди светили грустные выходные, но вдруг Хиггсу показалось, что Гилберт пропустил нечто очень важное. Хиггс вспомнил математический прием, использованный Джулиусом Швингером в квантовой электродинамике, – он, этот прием, позволял решить проблему, замеченную Гилбертом, и показать, как частицы могут стать тяжелыми, то есть исправить недостаток теории Намбу.

В июле 1964 года, утром в понедельник, Хиггс приехал в офис и приступил к работе. В семьдесят девять строчек уравнений и сопровождающего их текста он уложил обоснование ошибочности аргументов Гилберта. Потом он все это послал в ЦЕРН, где помещалась редакция журнала “Physics Letters”. Его письмо прибыло в конце июля.

Хиггс был страшно возбужден. Он уже думал о большой статье, в которой детально опишет свою теорию. Но тут пришлось подождать.

Он и Джоди поженились в Эдинбурге ровно год назад, и Питер согласился провести выходные вместе с женой, путешествуя по горам Западной Шотландии. Угадать с погодой в Шотландии всегда трудно, но подруга Хиггсов порекомендовала им отличное место – она где-то прочитала, что там выпадает меньше дождей, чем в других районах страны.

В этот вечер Питеру и Джоди повезло, и они нашли убежище в кемпинге, недалеко от маленького городка, где предлагались ночлег и завтрак. Они приехали на место днем, во время ливня, и, пока ставили палатку, взятую напрокат, порвали ее. На следующий день они признали свое поражение и уехали. Питер не расстроился. Это был идеальный предлог,

⁷¹ Гилберт был научным руководителем докторской диссертации Гуральника.

чтобы вернуться в Эдинбург к работе. Когда перепачканные Хиггсы прибыли домой и рассказали об ужасной погоде своей подруге, та смущенно призналась, что невнимательно прочитала статью: на самом деле место, которое она им расхваливала, считалось самым дождливым в Шотландии.

Вскоре после того, как Хиггс послал свою первую работу в редакцию, ему пришло письмо из Америки. Оно было от Уолли Гилберта, прочитавшего препринт статьи. Письмо было вежливым, но в нем утверждалось, что Хиггс сделал неправильные выводы. Хиггс так и не собрался ему ответить, и только десять лет спустя его осенило, что Гилберт не понял его теории из-за небольшой ошибки в работе “Я тогда не заметил ошибки. Я был так возбужден и записал очень быстро то, что было уже сделано. Слишком быстро”, – говорил он мне.

Хиггс завершил свою вторую статью через неделю после того кошмарного похода и отправил ее в ЦЕРН. Как это принято в большинстве журналов, редакторы “Physics Letters” попросили независимых рецензентов прочитать и оценить его работу. Вскоре пришло письмо из ЦЕРНа. Редактор журнала, Жак Прентки, написал Хиггсу, что тот должен доработать свою теорию и представить ее в другой журнал – итальянский, – где нет рецензирования. Позднее Хиггс узнал: Прентки посчитал, что его статья “не имеет отношения к физике элементарных частиц”⁷².

Хиггс пришел в смятение, но и возмутился. Он понял, что, должно быть, недостаточно разъяснил важность своей работы. Перечитав статью, он в конце добавил несколько новых абзацев. В предпоследнем предложении Хиггс отметил, что в его теории имеется присущая только ей особенность – новая частица. Это предложение и породило бозон Хиггса. Хиггс последовал совету Прентки и послал свою переписанную статью в другой журнал, но не в Италию, а в редакцию американского “Physical Review Letters”, главного конкурента церновского журнала.

Ответ Хиггсу пришел в сентябре. Его статья была принята, но с оговоркой. Рецензент хотел, чтобы Хиггс процитировал одну статью, вышедшую в день, когда рукопись Хиггса пришла в офис журнала⁷³. Статья была написана двумя физиками из Брюсселя, Браутом и Энглером. Используя другой подход, ученые пришли к теории, похожей на теорию Хиггса. Они обогнали его на семь недель. Его вторая статья появилась только в конце октября, более чем через месяц. Одним из основных различий между работами Хиггса и брюссельцев было то, что в работе Хиггса предсказывалось существование новой частицы, ныне носящей его имя.

В Брюсселе Браут и Энглер ничего не знали о работах Хиггса. Решив отпраздновать выход своей статьи, они отправились в красивое кафе в здании XVII века с террасой, выходящей в городской парк. Вдохновленные своими грандиозными достижениями, они выпивали, поднимая тосты за здоровье друг друга. Десятилетия спустя Браут рассказал мне, что он тогда ощущал: “Впервые в жизни я чувствовал, на что это похоже – быть крупным физиком”.

В Имперском колледже в Лондоне Гуральник, Хаген и Киббл разрабатывали свою собственную версию теории, объяснявшую, как частицы получили массу путем нарушения симметрии. Статья вышла отличная. Гуральник и Хаген прочитали окончательный вариант и положили рукопись в конверт, приготовив к отсылке в “Physical Review Letters”, когда вдруг в комнату вбежал Киббл, размахивая тремя статьями – две из них были написаны Хиггсом, третья – Браутом и Энглером. Они попали к ним с запозданием – пролежали на почте или были потеряны уже в колледже.

Беглый анализ этих работ показал, что в них рассматривались те же трудные вопросы, но лондонцы понимали, что их статья была более полной. Они решили срочно сделать

⁷² Прентки возглавлял теоретический отдел в ЦЕРНе.

⁷³ Несколько лет спустя Намбу рассказал Хиггсу, что он и был этим рецензентом.

несколько дополнений, сослаться на работы Хиггса, Браута и Энглера и отослать статью в редакцию. Их статья появилась в журнале 16 ноября 1964 года.

Все три группы описали новый вид поля, существующего в вакууме⁷⁴. В их теориях утверждается, что, когда поле включается, некоторые частицы приобретают массу, а другие остаются безмассовыми⁷⁵. Это было поразительно похоже на то, что, как сейчас физики понимают, происходит в сверхпроводниках. Перестройка электронов в сверхпроводнике нарушает симметрию электромагнитного поля, что приводит к необычным последствиям. Когда фотон – безмассовая частица света – попадает в сверхпроводник, он обретает массу. Нарушение симметрии делает фотон массивным. Физики называют это эффектом Мейснера – вытеснением магнитного поля из сверхпроводника.

Летом 1965 года Вернер Гейзенберг организовал небольшое совещание в живописном городе Фельдафинг на берегу озера Штарнберг в окрестности Мюнхена. На совещание приехали многие физики-аксакалы, в том числе Эдвард Теллер, который работал вместе с Робертом Оппенгеймером в Манхэттенском проекте, а в первые годы холодной войны пролоббировал производство водородной бомбы. Гуральника и Хагена привлекла престижность конференции Гейзенберга, к тому же она была прекрасным поводом повидать Европу. Они решили предпринять автомобильное путешествие. Сначала они отправились в Париж, где Хаген взял напрокат дешевый “Рено-8”. Отдав должное парижской кухне и попробовав артишоки на вкус, они уехали в Баварию.

У обоих там были запланированы доклады на конференции. Гуральник до этого уже прочитал несколько лекций в Европе по их с Хагеном теории и огорчился холодным приемом. Его слова встречались с “почти повсеместным неверием”, говорил он мне много лет спустя. Несмотря на это, он не был готов к тому, что произошло в Фельдафинге. Из всех людей, критиковавших теорию, Гейзенберг был самым суровым критиком. Теория, по его словам, была “хламом”.

Тем же августом Питер и Джоди уехали из Шотландии на годичный саббатикл, который Хиггс решил провести в Университете Северной Каролины в Чапел-Хилл. В работах, которые Хиггс уже опубликовал, описывалось, как природа могла снабдить массой определенные частицы. Но в этих статьях была только заложена основа. Физическое сообщество сомневалось в правильности теории. С точки зрения многих ученых, это был лишь некий хитрый интеллектуальный трюк, который не имел к реальности никакого отношения. Без убедительных аргументов теория не имела никакого смысла, и потому начался новый этап, новая гонка – поиск доказательств.

Глава 4 Заколдованный принц

⁷⁴ Ссылки на ключевые работы каждой из трех команд см. в библиографии.

⁷⁵ Поле Хиггса наделяет частицы массой разными способами в зависимости от их типа. В Стандартной модели есть четыре вида частиц-переносчиков взаимодействий: фотоны, глюоны, W-бозоны (которые могут быть положительными или отрицательными) и нейтральный Z-бозон. Перед тем как поле Хиггса активизируется, все эти частицы без массы, и волны, связанные с ними, имеют только поперечную составляющую, то есть колебания происходят в плоскости, перпендикулярной к направлению распространению частицы. На фотоны и глюоны поле Хиггса не действует, а W- и Z-частицы взаимодействуют с ним таким образом, что их волны приобретают продольную составляющую, то есть колебания могут происходить и в направлении движения. Именно эта дополнительная степень свободы делает W- и Z-частицы массивными. Для кварков и лептонов (за исключением, возможно, нейтрино) ситуация иная. Прежде чем поле Хиггса включилось, кварки и электроны находились, что называется, в единственном спиновом состоянии. Некоторые спины направлены по движению, другие – в противоположном направлении. Когда поле Хиггса включается, эти частицы получают возможность находиться в двух спиновых состояниях, и именно этот процесс, как полагают, и придает им массу.

Когда мысли всех ученых устремляются в одном направлении, развитие науки прекращается. Вместо поисков новых закономерностей ученые начинают топтаться на месте и пережевывать старые результаты⁷⁶. Соревновательный дух улетучивается. Для настоящей революции нужны оппоненты, а не конформисты. Те шесть ученых, которые пытались решить задачу о происхождении массы, конформистами точно не были. Когда Хиггс начал в Эдинбургском университете работать над своей теорией, он считался аутсайдером – Питер выделялся на общем фоне, поскольку делал совсем не то, что тогда было принято.

Большинство ученых в начале 1960-х перестали заниматься квантовой теорией поля⁷⁷. Почти за два десятилетия до того благодаря Фримену Дайсону и его коллегам эта область физики получила мощный импульс – теперь ее уравнения очень точно описывали процессы излучения и поглощения света (фотонов) атомами. А потом физики, занимавшиеся элементарными частицами, попытались с помощью аппарата квантовой теории поля описать другие силы и другие частицы, но им это не удалось. Глубоко разочарованные, они решили, что квантовая теория поля годится только для решения одной определенной задачи. Многие тогда забросили квантовую теорию и переключились на другие методы, которые, как они надеялись, помогут продвинуть физику элементарных частиц вперед. Результаты всех усилий вылились в теорию, названную впоследствии теорией S-матрицы⁷⁸. По сути, это была некая математическая схема, с помощью которой ученые пытались объяснить поведение частиц, сравнивая их состояние до и после взаимодействия или столкновения.

Хиггс имел смутное понятие о теории S-матрицы. В его представлении ее идея заключалась в следующем: выписываются уравнения для частиц до взаимодействия или столкновения (как бы влетающих в некий черный ящик) и после (то есть вылетающих из него), а потом используется очень много сложной математики для того, чтобы понять, что же с ними произошло. Хиггс считал, что при таком приближении черного ящика⁷⁹ вообще нельзя определить, что происходит с частицами. В то время как многие ученые стали активно пользоваться теорией S-матрицы, Хиггс ее отверг. Он верил, что прекрасно владеет аппаратом квантовой теории поля, и не считал свою игру проигранной. Ведь летом 1964 года именно квантовая теория поля помогла ему обнаружить ошибку в письме Уолли Гилберта и продолжить разработку своей теории возникновения массы, раскритикованной оппонентом.

Хиггс вернулся в Эдинбург в августе 1966 года в приподнятом настроении. Годовое

⁷⁶ В книге “Ideals and Realities: Selected Essays of Abdus Salam” (World Scientific, 1983) Салам говорит, что наука развивается только в условиях обмена идеями и непрерывной критики. Некоторые физики, к примеру Питер Вайт из Колумбийского университета, стали непопулярными, предположив, что значительная область физики пришла в упадок из-за чрезмерного внимания к теории струн, описывающей частицы как крошечные колеблющиеся нити энергии.

⁷⁷ Более подробно см., например, работу: Kerson Huang. *Fundamental Forces of Nature: The Story of Gauge Fields*. World Scientific, 2007. Ее автор, почетный профессор теоретической физики в Массачусетском технологическом институте, пишет: “Против квантовой теории поля возник бунт, возможно, из-за разочарования”. См. также кн.: *50 Years of Yang-Mills Theory*. Edited by Gerardus’t Hooft. World Scientific, 2005; и главу, посвященную Джулиусу Швингеру и релятивистской квантовой теории поля в кн.: *Stig Lundqvist. Nobel Lectures in Physics, 1963-1970*. World Scientific, 1998.

⁷⁸ Более подробную информацию о развитии теории S-матрицы см. в кн.: Laurie Mark Brown, Max Dresden and Lillian Hoddeson. *Pions to Quarks: Particle Physics in the 1950s*. Cambridge University Press. 1989; Michio Kaku. *Hyperspace: A Scientific Odyssey through Parallel Universes, Time Warps, and the Tenth Dimension*. Oxford University Press, 1994.

⁷⁹ Фраза, использованная Хиггсом для описания S-матрицы в интервью автору в 2008 году. Термин “черный ящик” Хиггс употреблял в научном значении, то есть как определение системы или устройства, о котором известно только то, что у него на входе и на выходе, а как внутри его первое трансформируется во второе, неизвестно. Этот черный ящик не следует путать с черным ящиком, который находится в самолете и используется для изучения причин аварии, если вдруг таковая случается.

пребывание в Чепел-Хилле оказалось весьма продуктивным и его имя теперь знали многие физики. Мало кто слышал о теории Хиггса до того, как Фримен Дайсон не проявил к ней интерес и не пригласил его прочитать лекцию в Институте перспективных исследований в Принстоне. Зато теперь его работа была известна по крайней мере нескольким самым влиятельным в мире физикам. Пошли дела и у Джоди. Вскоре после приезда в Эдинбург ей предложили ставку преподавателя фонетики в местном университете.

Если бы наш мир, и мир науки тоже, был устроен просто и разумно, дальнейший ход событий выглядел бы так: Питер Хиггс и пять других теоретиков, работавших над теорией масс, собираются вместе в какой-нибудь институтской комнате и за чашечкой кофе обдумывают, какую следующую загадку Вселенной им хотелось бы разрешить. Между тем в другом конце коридора появляются экспериментаторы и распаковывают свое оборудование. Через несколько часов они обнаруживают эфемерное поле Хиггса, ловят несколько Хиггсовых частиц и тут же объявляют, что причина появления массы обнаружена. Мизансцена: все радостно обнимают друг друга. Победа!

Однако в реальности все не так просто. Оказалось, нужно приложить огромные усилия только для того, чтобы появилась надежда проверить теорию Хиггса. Прежде всего, теория, разработанная Хиггсом и другими физиками, не говорила, каким именно частицам поле придает массу. Да и о самом бозоне Хиггса она говорила⁸⁰ немного. Известно, что частицу легче обнаружить, если вы примерно знаете ее массу. Ирония состоит в том, что, хотя теория Хиггса и объясняет, каким образом другие частицы получают свои массы, но о массе самой частицы Хиггса она ничего не говорит. Ученые могли отправиться на ее поиски, но они не знали, с чего начать.

А что же с полем Хиггса? Ведь физики не могут просто выйти из лаборатории и отправиться на его поиски. Оно, это поле, запрятано глубоко в вакууме и пронизывает все пространство. Особенно трудно его обнаружить потому, что оно не меняется от места к месту⁸¹. Изучение гравитационного поля – задача попроще, поскольку в некоторых местах гравитация сильнее, в некоторых – слабее. Поднимитесь на вершину Эвереста – сила тяжести там заметно меньше, чем на уровне моря, ведь на Эвересте вы дальше от центра Земли. Теоретически ученые могут вызвать изменения в поле Хиггса, но для этого им пришлось бы нагреть Вселенную до температуры выше миллиона миллиардов (квадрильона) градусов Цельсия. Даже если эта задача была бы им по плечу, не хотелось бы, чтобы у них это получилось: изменение поля Хиггса приведет к изменению размеров атомов и сделает нашу материю нестабильной⁸².

В 1964 году, после опубликования первых статей о поле Хиггса, Питер приступил к

⁸⁰ Частицы описываются несколькими характеристиками, но наиболее распространенные – масса и заряд. Теории, в которых предсказывается величина массы частицы, особенно полезны, потому что в этом случае физики знают, сколько энергии необходимо для того, чтобы создать их в ускорителе элементарных частиц, большая масса соответствует и более высокой энергии. Знание массы нестабильной частицы помогает ученым разобраться, на какие стабильные частицы она может распасться. Эти распады часто используются в качестве доказательства того, что рождение частицы состоялось.

⁸¹ Возьмем магнитное поле Земли. В каждой точке на поверхности Земли (и в атмосфере) у него есть направление и напряженность, причем напряженность больше на полюсах. То же самое касается и поля тяжести. Поля, которые имеют напряженность и направление, называются векторными. А теперь возьмем температурное поле. Температура различается в разных точках Земли очень сильно, но “температурное поле” не имеет направления. То же самое верно и для поля Хиггса. Поля, которые характеризуются величиной, но не направлением, называются скалярными.

⁸² Если бы можно было изменять напряженность поля Хиггса, оно непосредственно воздействовало бы на массы электронов внутри атомов, что, в свою очередь, привело бы к изменению их размеров и нарушило их стабильность.

обобщению уже построенной теории. Он проделал расчеты и вставил в них параметры субатомных частиц, рассчитывая, что рано или поздно одно с другим сойдется и выстроится картина, из которой станет видно, как механизм Хиггса приводит к появлению массы у одних частиц, а других оставляет без нее. Однако его постигло разочарование. Шли месяцы, а заметного продвижения все не было. Как Хиггс ни бился, цель по-прежнему оставалась далеко.

Не лучше шли дела и в Брюсселе. У Роберта Браута и Франсуа Энглера тоже никак не получалось объяснить, почему некоторые частицы в природе обладают массой, а другие – нет. Кончилось тем, что они поручили эту задачу молодой аспирантке, но и у той ничего не вышло. Итак, в Европе работа над хиггсовским механизмом была на грани провала.

А между тем Джерри Гуральник вернулся в Америку. Дела у него шли плохо. Он боялся, что вообще не сможет заниматься наукой. Сокрушительный разгром, которому Гейзенберг подверг его работу в Фельдафинге, подорвал его веру в себя и в теорию, над которой он работал вместе с Диком Хагеном и Томом Кибблом. Позже Гуральник мне говорил, что эта история повергла его в глубокую депрессию, – он чувствовал себя так, словно его жестоко избили.

Гуральнику тогда пришлось забыть о теории происхождения массы. Он получил место в Рочестерском университете штата Нью-Йорк, где работал и Дик Хаген. Спустя год его пригласил заведующий кафедрой физики высоких энергий Роберт Маршак, который дал понять Гуральнику, что если он хочет заниматься физикой, то должен бросить размышлять о нарушении симметрии. Много лет спустя, в 1983 году, Маршак публично извинился перед Гуральником. Выступая на совещании в Шелтер-Айленде, в Нью-Йорке, он сказал, что его тогдашние рекомендации, вероятно, будут стоить Гуральнику Нобелевской премии⁸³.

Здание Роберт-Ли-Мур-Холл, входящее в комплекс Техасского университета, – не самое красивое в Остине. Если посмотреть на него со стороны кампуса, оно выглядит как огромная уродливая коробка из-под обуви с щелями-окнами и пристройкой сбоку. Изнутри кажется, что оно специально построено так, чтобы запутать людей или, по крайней мере, отбить охоту у идиотов, попавших сюда, идти дальше. Первый этаж – на самом деле четвертый, то есть, чтобы попасть на девятый, нужно подняться в лифте на пять этажей вверх. И именно на девятом этаже находится офис одного из самых уважаемых физиков в мире – Стивена Вайнберга, к которому я и направляюсь.

Стивен Вайнберг руководит отделением теоретической физики в Университете Остина. Он приезжает на работу в костюме и шляпе-панаме и прогуливается, опираясь на палку, которой пользуется с тех пор, как его колено поразил артрит. Вайнберг встречает меня в коридоре дружеской улыбкой, распахивает дверь в свой кабинет и садится перед вазочкой с фисташками. История, которую я хочу услышать, началась более сорока лет назад...

Шел 1967 год. Вайнбергу было 34 года, и он работал в Массачусетском технологическом институте в Кембридже, штат Массачусетс. Чтобы его жена смогла учиться на юридическом факультете Гарвардского университета, он решил переехать в Бостон, для чего взял отпуск в своем университете в Беркли Калифорния, где занимал пост профессора физики. Вайнбергу было непросто – он с женой и маленькой дочкой только что въехал в свой второй съемный дом, девочке была нужна няня, и ко всему прочему его работа застопорилась.

Вайнберг всю осень не расставался с карандашом и бумагой, выписывая уравнения и стараясь понять, что в них можно увидеть. Он пытался с помощью механизма Хиггса объяснить некоторые тонкие различия между протонами и нейтронами – частицами атомных ядер. А когда увидел, что из его уравнений следует наличие нулевой массы у известных в

⁸³ Цитируется в рассказе Гуральника о его работе с Хагеном и Кибблом по теории масс, опубликованном в “International Journal of Modern Physics A”, February 2009.

ядерной физике частиц – ро-мезонов, – то понял, что пришло время отказаться от этих уравнений. Дело в том, что физики уже знали, что масса у ро-мезонов ненулевая. “Это привело меня в жуткое уныние, – рассказывал он. – Как заниматься теорией, если понимаешь, что она приводит к неправильным результатам!

Вайнберг описал это свое разочарование позже, в 1997 году, в статье для ныне несуществующего глянцевого журнала “George”, одним из основателей которого был Джон Кеннеди-младший: “Противоречия такого рода трудно разрешить, сидя за столом и делая расчеты. – вы просто будете ходить по округу. Иногда полезно оставить задачу повариться в подсознании, а в это время выйти из дома, посидеть на скамейке в парке и посмотреть, как ваша дочь играет в песочнице”⁸⁴.

Однажды несколько недель спустя, в середине сентября Вайнберг ехал в офис в Массачусетском технологическом институте в своем красном спорткаре “камаро”, и вдруг его осенило: неправильной была не сама его теория, а только ее интерпретация! Уравнения, которые он вывел, не описывали тонкие различия между протонами и нейтронами, зато прекрасно описывали так называемую четвертую силу, существующую в природе. “Я дал правильный ответ на неправильный вопрос”, – рассказывал он.

Четвертая сила природы – наверное, самая малоизвестная из всех. Большинство людей знакомы с силой тяжести и электромагнитной силой. Электромагнитное взаимодействие, например, используется в электронных приборах, а еще заставляет волосы вставать дыбом в грозу. Третья сила – сила, участвующая в сильном взаимодействии, она в 137 раз сильнее, чем электромагнитная, и ее дело – удерживать частицы внутри атомных ядер. А вот что такое четвертая сила – не очень ясно. Она отвечает за слабое взаимодействие и за некоторые виды радиоактивного распада. Внутри Солнца слабое взаимодействие превращает водород в дейтерий (тяжелый водород) – сырье для термоядерных реакций, благодаря которым наша звезда светится.

Слабые силы действуют лишь на малых расстояниях. В то время как радиус действия электромагнитной силы огромен, слабая сила ощущается только при приближении на расстояние, равное одной стомиллионной доли нанометра, а это одна сотая диаметра атомного ядра, расстояние столь малое, что физики считают: слабая сила включается лишь при непосредственном контакте частиц.

Приехав в свой офис в Массачусетском технологическом институте, Вайнберг стал набрасывать черновой вариант теории. Вскоре он понял, что безмассовая частица, которая разрушала его прежние построения, была на самом деле фотоном – действительно безмассовой частицей, квантом света и переносчиком электромагнитного взаимодействия. Это было основным выводом и означало, что уравнения Вайнберга в рамках единой обобщающей теории описывают и слабые и электромагнитные силы. Вайнберг, сам не осознавая того, объединил две силы природы. С тех пор как в XIX веке Максвелл объединил электричество и магнетизм, подобное объединение было сделано впервые.

В работе Вайнберга описывалось взаимодействие, которое теперь ученые называют электрослабым. Его расчеты показали, что в начале существования Вселенной электромагнитные и слабые силы переплетались. Затем, по мере расширения и охлаждения Вселенной, они разделились на две отдельные силы, которые мы и наблюдаем в настоящее время. Прорыв, сделанный Вайнбергом, был тем более значительным, что его теория включала в себя механизм Хиггса! Именно поле Хиггса “растацило” со временем электромагнитную и слабую силы.

Объединив электричество и магнетизм в единую теорию электромагнетизма, Максвелл предсказал, что кроме видимого света существуют еще и другие электромагнитные волны. Это намного облегчило жизнь ученым – теперь они знали, где искать доказательства

⁸⁴ Статья переиздана в сборнике эссе Стивена Вайнберга (Facing up: Science and Its Cultural Adversaries. Harvard University Press, 2001). Во время моего интервью с Вайнбергом он повторил фразу из статьи: “Прогнозы, которые, как уже известно, дают неправильные результаты, мешают продвинуться вперед”.

правильности теории. К счастью, в теории Вайнберга тоже содержалось несколько предсказаний. Ученый предугадал три новых вида частиц, названных W - и Z -бозонами. W -бозон (от weak – слабый) существует в двух формах – положительной и отрицательной, а Z -бозон вообще не имеет электрического заряда. Его так назвали именно из-за его нулевого (zero) заряда, а также потому, что Z – последняя буква в английском алфавите, и Вайнберг надеялся, что этот бозон будет последним в семействе частиц, переносящих слабые взаимодействия.

В теории электрослабого взаимодействия Вайнберга механизм Хиггса играет центральную роль. Именно поле Хиггса расщепляет электрослабую силу на две, придав массу W - и Z -бозонам, но оставив при этом фотоны безмассовыми. Поскольку фотоны невесомы, они могут переносить электромагнитное взаимодействие на большие расстояния со скоростью света. А W - и Z -частицы из-за своих существенных масс вообще едва шевелятся, так что слабая сила может передаваться только на крошечные расстояния. Позже физики поняли, что и кварки и электроны тоже получили массы, оказавшись в поле Хиггса.

Работа Вайнберга по электрослабым взаимодействиям была опубликована в следующем месяце – в ноябре 1967 года⁸⁵. Она стала самой цитируемой статьей в истории физики элементарных частиц. У теории Вайнберга была замечательная особенность – она предсказывала, какие примерно массы должны иметь новые частицы, следовательно, ученые могли немедленно пуститься в их поиски. То есть, если частицы эти действительно существуют в природе и если бы их нашли, событие сие стало бы неоспоримым доказательством правильности и теории Вайнберга, и механизма Хиггса, на котором она основывалась.

Вайнберг встал и подошел к окну своего офиса в Остине, не забыв прихватить вазочку с фисташками. Стены его кабинета увешаны дипломами, грамотами и фотографиями знаменитостей, присутствовавших на церемониях, посвященных его награждениям. Его книжные полки забиты книгами с непонятными названиями, многие из этих трудов Вайнберг написал сам. Есть среди них и популярные книги. По пути из Чикаго в Остин я прочитал эссе Вайнберга из 5000 слов, которое называется “Без Бога”, вышедшее несколько месяцев назад в журнале “New York Review of Books” – одном из многих, с которыми он сотрудничает. Как вам удастся все успевать?” – спросил я. “Я не хожу в церковь и не катаюсь на лыжах”, – улыбнувшись, ответил Вайнберг.

Большую часть времени он работает не здесь, в этом офисе, а у себя дома, в нескольких милях отсюда. Окна его кабинета выходят на озеро Остин. На письменном столе стоит телевизор, и, если работа стопорится, можно откинуться на спинку кресла, посмотреть старые фильмы и подождать, пока вернется вдохновение. “Я люблю сидеть за своим столом и всегда это любил”, – говорит он. – По правде сказать, блестящие идеи приходят в голову не очень часто, но, наверное, очень часто они никому в голову не приходят”.

Когда мы вошли в кабинет Вайнберга, доска, висевшая на стене, была чистой, но в процессе беседы она покрылась начертанной мелом вязью уравнений, парящих над ними кривых и каракулей. Все это вместе составляло ответ на вопрос: какова роль механизма Хиггса в природе. Ответ, который Хиггс и другие его коллеги так и не нашли.

У меня оставалось времени в обрез, чтобы добраться до аэропорта и успеть на свой рейс из Остина, и Вайнберг предложил подвезти меня в гостиницу, чтобы я захватил свои вещи. Мы сели в его машину (красный “камаро” остался в далеком прошлом) и направились в центр города. Через пять минут, когда в плотном полуденном трафике мы резко пересекли пару полос движения, чтобы припарковаться у гостиницы, вокруг взревели клаксоны. “В некотором смысле я переоткрыл механизм Хиггса, – сказал Вайнберг. – И теперь недостает только частицы Хиггса. Это единственное, чего нам не хватает”.

⁸⁵ “Модель лептонов”: см. библиографию.

Через год после выхода статьи Вайнберга Абдус Салам, профессор теоретической физики из лондонского Имперского колледжа, а затем – директор Международного центра теоретической физики в Триесте, опубликовал идентичную по существу теорию, разработанную им совершенно независимо. Работы, опубликованные как Вайнбергом, так и Саламом, во многом напоминали работу, опубликованную в 1961 году Шелдоном Глэшоу, одним из бывших одноклассников Вайнберга по средней школе в нью-йоркском Бронксе. Теория Глэшоу тоже объединяла электромагнетизм и слабое взаимодействие, и, более того, в ней тоже предсказывалось существование W -частиц, но ей не хватало одного жизненно важного ингредиента. Теория не включала в себя механизм Хиггса, до открытия которого оставалось еще три года. Без него теория не заработала.

Ученые не всегда общаются друг с другом так, как хотелось бы. Причины – чисто человеческие: все люди разные, не все умеют понравиться при первой встрече, не все умеют вести светские беседы. Но даже если разговор складывается, многие, отчасти из-за соображений секретности, вряд ли упомянут что-то, способное заронить идею в голове собеседника. Прагматичные ученые знают, что рискованно рассказывать слишком откровенно о своих идеях, по крайней мере пока они не опубликованы. В результате важные открытия в науке часто происходят позже, чем могли бы.

Однажды в 1960 году Питер Хиггс встретился с Шелдоном Глэшоу на летней физической школе, которая проводилась в колледже Ньюбатл-Эбби, в потрясающем здании XVI века – бывшем монастыре с парком площадью 125 акров, расположенном в окрестностях Эдинбурга. Глэшоу было 27 лет, и он уже написал статью по объединению электромагнитного и слабого взаимодействий. Глэшоу надеялся опубликовать ее в ближайшие месяцы. В один из вечеров несколько физиков засиделись допоздна, обсуждая последние работы. Среди них был и Глэшоу с увлечением рассказывавший о своей работе. Если бы Хиггс оказался там, он почти наверняка понял бы идею Глэшоу и смог бы превратить ее в стройную теорию, вроде той, что разработал Вайнберг. Однако он упустил шанс. В тот вечер Хиггс исполнял обязанности винного стюарда и не подозревал, что компания в это время попивает вино, припрятав принесенные им бутылки в нижней части старинных напольных часов.

В 1979 году Глэшоу прочитал лекцию⁸⁶, привлекающую общее внимание. Давая оценку своему вкладу в физику, он задался вопросом, почему Хиггс и другие физики, работавшие над проблемой происхождения масс, не поняли, что у них в руках был важный недостающий для объединения электромагнитного и слабого взаимодействий элемент. Сам Глэшоу много раз встречался и беседовал с Хиггсом и его коллегами. “Разве я не рассказывал им о моей модели, может, они просто забыли об этом?” – спросил он аудиторию. Не важно, по какой причине, но из-за упущенной тогда возможности физикам пришлось ждать семь лет, пока Вайнберг нашел применение механизму Хиггса.

К тому моменту, когда Хиггс услышал о прорыве, сделанном Вайнбергом, он прожил в Эдинбурге только один год. Он читал новости об открытии со смешанным чувством. “Я был рад, что кто-то нашел разумное применение моей теории, но испытывал и очевидную досаду. Я не смог решить эту задачу сам, потому что пытался применить свою теорию ко всему сразу, и это было ошибкой. Я заикнулся на неправильном применении. Нам с Глэшоу просто не удалось как следует пообщаться”, – говорил мне Хиггс.

Что еще более удивительно, так это то, что Глэшоу не опередил Вайнберга в решении проблемы объединения. Шесть физиков, которые работали над проблемой природы массы, публиковали свои работы в самых престижных физических журналах того времени. Они были напечатаны всего через несколько лет после выхода работы Глэшоу. Но даже если

⁸⁶ Нобелевская лекция Глэшоу, прочитанная 8 декабря 1979 года. Он получил премию за работы по объединению электромагнитных и слабых сил.

Глэшоу не видел ни одной из этих статей, он должен был бы услышать о теории Хиггса в 1966 году, ведь он присутствовал на лекции Хиггса, когда тот рассказывал о своей теории в Гарварде, на следующий день после доклада в Институте перспективных исследований в Принстоне. Глэшоу даже поговорил с Хиггсом после лекции и сказал, что ему понравилась теория. “Он не понял тогда, что она имела отношение к его работе”, – сказал Хиггс. Позже Глэшоу признался, что “совершенно забыл” свою работу по электрослабым взаимодействиям.

Упущенные возможности не ограничились этими эпизодами. Как-то раз Джерри Гуральник с Джоном Чарапом – физиком-теоретиком из колледжа Королевы Марии Лондонского университета – спасались от ливня в битом “форде”. Это происходило после выхода в 1964 году в свет статей по происхождению масс. Они с удовольствием поболтали о теории и о возможности ее использования для объединения электромагнитных и слабых взаимодействий. По каким-то причинам ни тот ни другой никогда не принимали эту идею всерьез. Идея улетучилась вместе с тучей.

В другой раз Гуральник обедал с Джоном Уордом физиком, работавшим с Абдусом Саламом в Имперском колледже. Когда Гуральник начал рассказывать о своей работе, Уорд попросил его остановиться – опытный Уорд посоветовал Гуральнику не разбрасываться так своими идеями, потому что кто-нибудь может их украсть прежде, чем тот опубликует законченную работу. “Если бы он только послушал! У нас двоих было достаточно информации, чтобы решить проблему объединения там же”, – вспоминал позже Гуральник. Некоторое время спустя он написал: “Как же мы упустили свой шанс? Все из-за нерешительности, медлительности и невезения”⁸⁷.

По той или иной причине все физики, в 1964 году участвовавшие в работе над теорией возникновения массы, упустили шанс понять, какое отношение она имеет к реальному миру. Не говоря уже о личных и профессиональных разочарованиях, потерю из-за этого понесла и физика в целом. К сожалению, такое случается очень часто; ситуация, когда разные ученые знают, как сложить отдельные части большого пазла, но не могут собрать эти куски в единую картину в одном месте и в одно время, возникает нередко.

В настоящее время теории Вайнберга и Салама, опубликованные много лет назад, являются главным обоснованием Стандартной модели, описывающей поведение всех существующих в природе и известных нам сегодня частиц. Дополненная этими теориями Стандартная модель приобрела глубину. Она объясняет, как механизм Хиггса работает в природе, наделяя конкретные частицы, включая кварки и электроны, массой. До открытия Вайнберга теория Хиггса была не более чем изящной идеей, после – стала ключом в понимании природы материи.

Физики не восприняли теорию Вайнберга как истину в последней инстанции, и на это были достаточно веские основания. Ученые опасались, что его теория страдает тем же недостатком, что и квантовая электродинамика, – наличием расходимостей. Их беспокойство объяснялось тем, что в определенных обстоятельствах теория Вайнберга тоже может приводить к расходимости. В квантовой электродинамике проблему расходимостей в 1940 годах решил Ричард Фейнман, изобретя технику перенормировки. Вайнберг был уверен, что нечто похожее может быть сделано и в его теории. Вот только, к сожалению, он не знал, как это сделать.

Канал Зингель, опоясывая старинный голландский город Утрехт, словно заключает его в теплые объятия. В расположенных на его набережной трех соседних домах помещался когда-то институт теоретической физики местного университета. Для института было выбрано забавное место. Если бы в то время вошли в один из домов, вас, скорее всего встретила бы женщина, утверждающая, что она графиня, но она наверняка не была

⁸⁷ См. ссылку 83.

графиней. Летом цыплята из сада запрыгивали через окна в комнаты и прогуливались по письменным столам. На ланчи или выпить чашечку кофе физики спускались вниз в полуподвал, где в узком окне, выходящем на расположенную выше улицу, были видны ноги прохожих. Говорили, что в былые времена в этом здании располагался городской бордель⁸⁸.

Герард 'т Хоофт снимал квартиру в доме сразу за углом от института. Он приехал в Утрехт после окончания средней школы в 1964 году, том самом, в котором Хиггс и другие физики опубликовали свои работы о природе массы. Молодой голландец выбрал для себя профессию физика очень рано. Когда ему было 8 лет, учитель спросил, кем бы он хотел стать, когда вырастет, и мальчик ответил: “Человеком, который знает все”. Он хотел сказать – профессором, но забыл это слово. В действительности он имел в виду ученого – человека, который стремится понять основные законы природы.

Школьником 'т Хоофт проявил редкую способность к математике, но его способы решения задач были необычны. Как правило, наиболее одаренные оказывались лучшими в классе, научившись использовать стандартные методы. Герард 'т Хоофт шел иным путем. Он всегда предпочитал изобретать собственные методы, причем с нуля, – стратегия, известная как расчеты из первых принципов. К примеру, если бы ему нужно было научиться водить автомобиль, он принялся бы сначала его конструировать. Продвигаясь методично, шаг за шагом, 'т Хоофт преодолевал все трудности, возникающие в его теориях.

Незадолго до этого в институт пришел новый профессор теоретической физики, Мартинус Вельтман – “Тини”. Он был наставником 'т Хоофта в университете и руководителем его докторской диссертации. Как и у 'т Хоофта, у Вельтмана был свой собственный взгляд на все, но он был более упрямым и обладал ярко выраженным нонконформистским характером⁸⁹. Вельтман настроенно относился к любому, кто считал себя экспертом в чем-то, и всегда доверял своему внутреннему голосу больше, чем кому бы то ни было. Когда многие физики утверждали, что квантовая теория поля мертва, Вельтман вопреки советам коллег продолжал ею заниматься.

Вельтман работал над теориями типа теории Вайнберга и был полон решимости доказать, что расходимости им не страшны. Работа шла тяжело, уравнения разрастались, и вскоре в них входило уже около 50 000 членов. Когда стало ясно, что расчеты слишком громоздки, чтобы делать их вручную, Вельтман решил: лучший способ борьбы с громоздкими уравнениями – отдать их решать компьютеру. Через три месяца адской работы он написал необходимую компьютерную программу и приготовился ее запустить.

В те времена данные в компьютеры вводились с помощью перфокарт, а результата приходилось ждать несколько дней. Вельтман в своем портфеле носил сотни перфокарт. Хорошо уже было то, что они были пронумерованы, то есть даже если они падали на пол и перепутывались, компьютер все равно их воспринял. Вельтман дал программе имя “Schoonschip”, что в переводе с голландского означает “Чистый корабль – так в старину моряки, вычистив перед плаванием судно от носа до кормы, называли свой корабль. А еще так в Голландии говорили когда хотели что-то начать с чистого листа.

Первые же расчеты с помощью программы “Schoonschip” показали, что уравнения Вельтмана неправильны. Когда программа выплюнула результат, стало ясно, что проблема расходимостей не исчезла. Вельтман продолжал биться, подправлял уравнения и вставлял их обратно в “Schoonschip”. А в это время 'т Хоофт делал то, что он умел делать лучше всего, – строил свою теорию из первых принципов. Закончив, он понял, что механизм Хиггса –

⁸⁸ Колоритное описание Утрехта и использование здания физического факультета в разных целях дано в автобиографии Герарда 'т Хоофта (The Nobel Prizes. Nobel Foundation, 1999).

⁸⁹ Краткая автобиография Вельтмана дана в кн.: The Nobel Prizes. Nobel Foundation, 1999.

неотъемлемая часть его теории. Он, в сущности, заново построил теорию Хиггса⁹⁰. А когда проверил свои расчеты, то увидел – проблема расходимости решена!

Однажды осенним днем 1970 года Вельтман и ‘т Хоофт прогуливались по дорожке, ведущей от одного здания института к другому. Вельтман жаловался на трудности с расчетами и говорил, что нужно построить всего одну перенормируемую теорию, которая могла бы объяснить массу частиц. “Я знаю, как это сделать”, – сказал ‘т Хоофт. Вельтман в изумлении уставился на него. “Что?!” – воскликнул он. “Ну да, я могу сделать”, – повторил ‘т Хоофт. От неожиданности Вельтман на миг потерял дар речи и чуть не врезался в дерево. “Напишите, мы посмотрим”, – сказал он.

При сравнении их расчетов стало ясно, что Вельтман в своей теории не учел некой важной вещи, а именно – механизма Хиггса. Он думал, что этот механизм – просто некий трюк, и решил его проигнорировать. Когда же он ввел его, вставил соответствующие члены в свои уравнения и прогнал программу через компьютер еще раз, оказалось, что расходимости действительно возникали, но тут же компенсировали друг друга. Таким образом работа, завершенная в 1970 году, не только подвела под теорию Вайнберга твердую основу, но и доказала, что она правильна, именно благодаря механизму Хиггса. Следующим летом Вельтман организовал конференцию по физике элементарных частиц в Амстердаме и на последнем заседании отвел ‘т Хоофту десять минут для сообщения об их открытии. “Мы им всем покажем!” – сказал Вельтман ‘т Хоофту. Физики действительно восприняли их результаты с восторгом. Как изящно выразился теоретик из Гарвардского университета Сидни Коулман, “поцелуй ‘т Хоофта расколдовал лягушку Вайнберга и превратил ее в прекрасную принцессу”⁹¹.

Это было летом 1972 года, в клубе преподавателей Эдинбургского университета. Хиггс только что закончил ланч, когда появился Кен Пич, его друг и коллега. “Ты – звезда!” – воскликнул Пич вместо приветствия. Он только что вернулся с совещания, состоявшегося в знаменитом Фермилабе – Национальной лаборатории имени Ферми, крупнейшем американском физическом центре, расположенном на окраине Чикаго. Имя Хиггса звучало почти в каждом докладе, затрагивающем темы нарушения симметрии или происхождения массы. Именно тогда Питер в первый раз услышал о том, что слова “поле Хиггса” и “механизм Хиггса” вошли в научный лексикон.

Хиггс улыбнулся. Новость подняла ему настроение. Однако Питер понимал, что, хотя именно он получил основополагающие результаты по происхождению массы, поспевать за другими в этой области становится все труднее. Через несколько лет, описывая ситуацию того времени, Хиггс сказал: “Поскольку я сделал важные работы, инициировавшие последовавшие исследования, все посчитали, что я должен понимать все, что происходит в этой области. Но чем дальше, тем меньше я понимал. Когда же стали известны результаты Вельтмана и ‘т Хоофта, я сдался и отказался участвовать в гонке”.

Хиггс решил заняться другими вещами. Он заинтересовался так называемой теорией суперсимметрии, которая раскрашивает наш мир новыми неожиданными красками. Одним махом суперсимметрия удваивает число частиц во Вселенной. Согласно этой теории каждая новая суперсимметричная частица – это пока еще необнаруженная частица с большой массой, составляющая пару с известной частицей. В этой теории, например, появляются пары селектрон – электрон, скварки – кварки. Ученые посчитали новую теорию весьма многообещающей, поскольку с ее помощью разрешались некоторые застарелые противоречия в физике. Любопытно, что в некоторых версиях теории возникала не одна частица Хиггса, а пять, и все они играли свою роль в обретении частицами массы.

⁹⁰ Так описал это Герард ‘т Хоофт в интервью, данном автору в 2009 году.

⁹¹ Burton Feldman. The Nobel Prize: A History of Genius, Controversy and Prestige. Arcade Publishing, 2001.

То, что Хиггсу все сложнее становилось работать в своей области, было не единственной трудностью, с которой он столкнулся в это время. Весной 1972 года распался их брак с Джоди (хотя официально они так никогда и не развелись), а ведь у них уже было двое сыновей. “Я тогда был не в том состоянии, чтобы, забыв обо всем, сосредоточиться на решении теоретических задач”, – вспоминал Хиггс. В интервью газете “Sunday Times” в 2008 году Хиггс назвал причиной крушения семьи свою одержимость работой: “Мы разъехались, потому что я всегда ставил научную карьеру выше семьи. Однажды я увильнул от проведения праздников с семьей, а ведь мы собирались поехать в Америку. Но я сел тогда в самолет и полетел на конференцию. Джоди, моя жена, совсем перестала понимать, что я делаю”.

Момент, когда имя Хиггса вошло в историю, трудно определить однозначно. Хиггс считает, что это случилось в 1972 году на конференции в Фермилабе. По словам Хиггса, он стал самым известным теоретиком по чистой случайности. В 1967 году на приеме, устроенном в честь открытия некоей конференции в Рочестере, штат Нью-Йорк, Хиггс с бокалом вина в одной руке и бутербродом в другой рассказал о своей работе американскому физика корейского происхождения, Бену Ли. Случилось так, что Ли был докладчиком на конференции в Фермилабе в 1972 году. Составляя план доклада, он вспомнил тот разговор и использовал имя Хиггса как условное обозначение теории и всего, с ней связанного. С тех пор это название в науке укоренилось. Дик Хаген считает, что словосочетание “бозон Хиггса” впервые прозвучало на Рочестерской конференции в Беркли в 1966 году. После конференции Хиггс написал организаторам письмо, протестуя против этого названия.

Если самое важное в жизни ученого – открыть новые неизвестные закономерности в природе, то на втором месте – и очень близко к первому – стоит признание за свершенные открытия. Карьера ученого строится на репутации, а признание – необходимая ее часть. Когда речь идет о больших открытиях, должная оценка может означать продвижение по службе, известность, славу и, правда очень редко, – материальное благополучие. Когда на карту поставлено столь многое, конфликты при определении ученого, сделавшего важнейшую часть работы (без которой то или иное открытие не состоялось бы), совершенно естественны. Часто основного автора определить далеко не просто. Иногда в открытии так или иначе участвуют сотни ученых. Бывает, что работа, поначалу казавшаяся не имеющей никакого отношения к открытию, впоследствии оказывается недостающей частью пазла.

В июне 1938 года Джордж Пэйджет Томсон, получивший Нобелевскую премию по физике за год до того, прочитал лекцию о своем открытии волны электрона (явлении, впервые довольно неопределенно сформулированном в 1924 году Луи де Бройлем в Париже). Между прочим он заметил, что открытия в науке редко совершаются одним человеком, обычно в нем принимает участие целая группа ученых. Вот как описал это Томсон: “Богиня мудрости, как гласят мифы, выпрыгнула из головы Зевса уже взрослой. В отличие от нее научная концепция редко рождается в готовом виде и столь же редко имеет одного родителя. Чаще всего она – детище нескольких умов, каждый из которых преобразует идеи тех, кто работал до него, и, в свою очередь, готовит почву тем, кто придет за ним”.

Напряженность в отношениях и споры по поводу приоритетов особенно часты, когда идет речь об открытии, достойном Нобелевской премии. Стивен Вайнберг выразил сожаление, что Нобелевский комитет не наградил Фримена Дайсона за его работы 1940-х годов, ставшие ценнейшим вкладом в разработку квантовой электродинамики. Вместо этого премия ушла к тем, чьи работы он собрал воедино и обобщил: Ричарду Фейнману, Джулиусу Швингеру и Синьитиро Томонаге. Нобелевский комитет часто оказывается перед сложным выбором. Он никогда не дает одну премию более чем трем ученым. Так Дайсон присоединился к многочисленной компании крупнейших и достойнейших ученых, у которых есть все основания чувствовать себя ущемленными.

Нобелевский комитет, по-видимому, опять окажется в затруднительном положении, когда нужно будет присуждать премию за работы по происхождению массы, поскольку они

явно будут когда-то номинированы на Нобелевскую премию⁹². Вайнберг, Салам и Глэшоу получили Нобелевскую премию в 1979 году за работу по электрослабому взаимодействию. Двадцать лет спустя Тини Вельтман и Герард 'т Хоофт получили Нобелевскую премию за доказательство перенормируемости теории, то есть избавление ее от расходимостей. В этих случаях выбор достойнейших ученых был прост. Частицы, на которых строится теория происхождения массы, известны физикам – да и всем средствам массовой информации – как бозоны Хиггса. Это делает шансы Питера Хиггса на будущую Нобелевскую премию почти стопроцентными. Но есть еще пять других физиков, которые внесли сравнимый вклад в теорию, причем двое из них обошли Хиггса по срокам публикации. Ученые, участвовавшие в работе, ныне на пенсии, при этом обнаружение бозона Хиггса уже замаячило на горизонте. Неудивительно, что научное сообщество занервничало по поводу того, чье имя будет носить теория.

Один физик рассказал мне, как несколько лет назад в Брюсселе он попал на лекцию по теории происхождения массы. Докладчик – Лэлит Сегал из Института теоретической физики в Ахене – включил компьютер, расположил слайды по порядку и стал рассказывать о механизме Хиггса. Через некоторое время Сегал заметил на лице человека, сидевшего в первом ряду, проявление явного недовольства. Догадавшись о своей оплошности, Сегал сказал: “Я понимаю, эта теория была разработана несколькими учеными, но в соответствии с традицией я называю самое короткое имя”. Не успел Сегал приступить к продолжению лекции, как человек в первом ряду громко сказал: “Мое имя тоже состоит из пяти букв!” Это был Роберт Браут.

Работы по механизму Хиггса двух брюссельских исследователей – Браута и Франсуа Энглера – часто цитируют, и они не держат зла на Питера Хиггса. Работы третьей группы – Джерри Гуральника, Дика Хагена и Тома Киббла – цитировались очень редко даже теми физиками, которые работали над механизмом Хиггса. Гуральник и Хаген полагают, что некоторые европейские физики находятся в заговоре с целью вычеркнуть их из истории. Свои подозрения Гуральник высказал в статье, опубликованной в 2009 году: “Первоначально, по-видимому, не возникало вопросов с признанием нашего вклада в теорию, которую мы разрабатывали наравне с Энглером, Браутом и Хиггсом. Однако все изменилось в 1999 году, когда на наши работы перестали ссылаться в своих докладах и статьях даже те авторы которые раньше это делать не забывали”.

Роберт Браут и Франсуа Энглер из Свободного университета в Брюсселе были первыми, опубликовавшими работу про то, что в настоящее время широко известно как механизм Хиггса. Они находились в изоляции от международного сообщества физиков, занимавшихся элементарными частицами, а кроме того, были новичками в этой области. Хиггс был следующим, напечатавшим работу по этой теме, и первым, обратившим внимание на существование новой частицы, бозона Хиггса, который должен существовать, если теория верна. Третьей группой, опубликовавшей работу на ту же тему несколько недель спустя, были Гуральник, Хаген и Киббл.

Сегодня Хиггс испытывает явную неловкость оттого, что теория связывается только с его именем. В разговоре он называет частицу Хиггса “скалярный бозон”, или “так называемый бозон Хиггса”. На какой-то конференции Питер признал нелепость ситуации, начав свою лекцию так: “В отличие от принятой на этой конференции терминологии я хочу прежде всего отказаться от приоритета на некоторые концепции, которые обычно связываются в литературе с моим именем”⁹³. Он предложил назвать механизм Хиггса

⁹² В 2010 году все шесть физиков получили премию Дж. Дж. Сакураи по теоретической физике элементарных частиц за работы о происхождении массы. Церемония награждения состоялась в феврале 2010 года в Вашингтоне. Ожидалось, что впервые все шестеро встретятся, но Хиггс приехать не смог.

⁹³ См. статью “SBGT and all that” Питера Хиггса (сборник *Weak Neutral Currents*, edited by David B Cline. Westview Press, 1997).

механизмом “АБЭГХХКХ” в честь всех его авторов (Андерсон, Браут, Энглер, Гуральник, Хаген, Хиггс, Киббл и ‘т Хоофт).

То, что мы называем механизмом Хиггса, почти наверняка является важнейшим ингредиентом гораздо более общей теории объединения электромагнитного и слабого взаимодействий, что и доказали работы Глэшоу, Вайнберга, Салама, Вельтмана и ‘т Хоофта. На повестку дня встал вопрос о проверке теории Вайнберга. К счастью, теория предсказала существование трех видов частиц, которых никогда прежде не видели. Расчеты Вайнберга показали, что две W -частицы должны весить примерно в сорок раз больше, чем протоны, а Z -частицы – в два раза больше W -частиц. В руках у физиков появился надежный компас – теперь они знали, где искать эти частицы.

Глава 5 Европейцы уходят в отрыв

Это произошло 30 декабря 1972 года. Самолет коснулся земли, взвизгнули резиновые колеса, шасси прогнулись, приняв на себя полную тяжесть самолета. Двигатели замедлили свое вращение, гул стал тише, самолет подрулил к терминалу и остановился. По внутренней связи пилот разрешил пассажирам отстегнуть ремни безопасности и поздравил с прибытием в зимнюю сумрачную Англию.

Дональд Перкинс, физик из Оксфордского университета, наблюдал из здания терминала аэропорта Хитроу, как пассажиры берут свои чемоданы и становятся в очередь на паспортный контроль. Прибывший из Германии самолет доставил туристов из разных стран на празднование Нового года в Лондоне и англичан, возвращающихся домой по окончании рождественских каникул. Перкинсу не пришлось долго искать в толпе человека, которого он встречал, – Гельмут Фейснер, физик из университета Ахена, первым увидел его; он широко улыбался и размахивал фотоснимком.

Фейснер прошел таможню, поздоровался и сразу потащил Перкинса к столу. Немец положил на стол фотографию, и они оба стали пристально изучать ее. На черном фоне были видны белые пятна, тонкие вихри и кольца, похожие на следы от пуль. Для неопытного глаза картина казалась бессмысленным нагромождением полос и пятен, но для Перкинса и Фейснера одного взгляда на фотографию было достаточно, чтобы их сердца учащенно забились. Это было настоящее открытие! Перкинс сразу понял всю его важность, и они с Фейснером отправились в бар отпраздновать событие. Фейснер, кроме того, предложил заехать по дороге на аукцион “Кристи” и за большие деньги продать фотографию. Он назвал ее “Bilderbuch event” – иллюстрацией из книги с картинками. Это был пример того, как новый результат в физике можно представить в виде картинки с пояснениями⁹⁴.

В 1972 году только немногие физики слышали о бозоне Хиггса, а те, кто слышал, считали, что охоту за этой частицей начинать еще слишком рано. Причина была проста: физики понятия не имели, как ее найти. Они знали о бозоне Хиггса столь мало, что казалось, обнаружить его почти так же трудно, как иголку в стоге сена. Вот почему вместо этого физики отправились на охоту за доказательствами правильности теории электрослабого взаимодействия, разработанной Стивеном Вайнбергом и Абдусом Саламом в 1960-х годах и подкрепленной работами Тини Вельтмана и Герарда т‘ Хоофта 1971 года. Важность ее было трудно переоценить, после теории электромагнетизма Максвелла, построенной в конце XIX века, это была первая теория, объединяющая две силы природы. Физики знали: того, кто найдет доказательства правильности теории, ждет Нобелевская премия.

⁹⁴ Два подробных отчета об открытии нейтральных токов особенно информативны. Первый был написан Дональдом Перкинсом, находившимся в центре событий (“Gargamelle and the discovery of neutral currents”, в кн.: *The Rise of the Standard Model*. Cambridge University Press, 1997). Второй полезный отчет написан Питером Галисоном (“The discovery of neutral currents”, в сборнике “Weak Neutral Currents”. Westview Press, 1997).

Но оказалось, что доказательства, которые физики собирались добыть, тесно связаны с проблемой происхождения масс. Действительно, теория электрослабых взаимодействий основывается на механизме Хиггса. Именно поле Хиггса дает массу новым частицам – W- и Z-бозонам, предсказанным теорией. Итак, если теория электрослабых взаимодействий подтвердится, механизм Хиггса или что-то, похожее на него, скорее всего правильно описывает процесс обретения массы. Это не будет строгим доказательством теории Хиггса, но явится первым косвенным свидетельством правильности идеи.

В теории электрослабых взаимодействий было сделано много предсказаний, которые физики могли в своих экспериментах подтвердить или опровергнуть. Кроме двух новых частиц (причем, в отличие от частицы Хиггса, у физиков была ориентировка, подсказывающая, где их искать), в теории электрослабого взаимодействия был описан некий тонкий эффект, называемый “нейтральным током”. Обычный электрический ток возникает при перетекании отрицательно заряженных электронов из одного места в другое. Нейтральный ток – новый вид тока, создаваемый электрически нейтральными Z-частицами, проскальзывающими между другими частицами. Физики считали, что, имея необходимое оборудование, они могли бы сфотографировать нейтральные токи. И след нейтрального тока должен быть похож на спиральный трек, явно различимый на фотоснимке Гельмута Фейснера, который тот держал в руках в день своего появления в Хитроу.

Если бы W- и Z-частицы или мимолетные нейтральные токи не обнаружили в экспериментах, электрослабую теорию можно было бы выбросить на свалку, и вся идея Хиггса о происхождении массы частиц была бы поставлена под сомнение. Чтобы найти ответы на эти вопросы, физики, специалисты по элементарным частицам обратились к помощи неутомимых рабочих лошадок – ускорителей, установок, разгоняющих потоки частиц до феноменальных скоростей. Несущиеся в них частицы либо обрушиваются на поверхность металла, либо сталкиваются с другими частицами, летящими в другом направлении.

Ускорители начали строить в конце 1920-х годов. Поначалу это были примитивные устройства, собранные из узлов других приборов. В ранних моделях пучки частиц, летевших с большой скоростью, использовались для разрушения атомных ядер. В течение последующих десятилетий ускорители превратились в самые сложные и громоздкие установки на планете, и сегодня при столкновениях частиц, летающих в них с огромной скоростью, выделяется огромная энергия и возникают совершенно новые частицы.

История ускорителей началась в 1900-х годах, когда Эрнест Резерфорд и другие физики стали проводить эксперименты в области атомной физики. Резерфорд уже тогда знал, что радиоактивные материалы испускают потоки быстрых частиц, которые можно использовать для изучения строения атома. Обычно в качестве радиоактивного материала брали радий – он испускает альфа-частицы, состоящие из двух протонов и двух нейтронов и вылетающие со скоростью, превышающей 20 000 километров в секунду. Именно альфа-частицы и применил Резерфорд в экспериментах, которые привели его в 1911 году к открытию структуры атомного ядра.

Закончив свои уникальные эксперименты в Манчестере, Резерфорд переехал в Кембриджский университет, где стал руководителем престижной Кавендишской лаборатории, а спустя шесть лет – президентом Королевского общества. В то время он уже был одним из самых влиятельных физиков в мире. В 1927 году он обратился с президентской речью к членам Королевского общества, в которой подчеркнул, что для физиков крайне важно иметь в качестве инструмента пучки частиц с более высокими, чем у альфа-частиц, энергиями⁹⁵. “Это позволило бы проводить исследования в новых необычных и важных областях и использовать их не только для выяснения вопросов, связанных со строением и

⁹⁵ Frank Close, Michael Marten and Christine Sutton. *The Particle Odyssey: Journey to the Heart of Matter*. Oxford University Press, 2004.

стабильностью атомных ядер, но и для решения множества других проблем”, – сказал он.

Слова Резерфорда были услышаны. Вскоре в Кавендише ирландский физик Эрнест Уолтон и его коллега, йоркширец Джон Кокрофт, начали собирать установку, на которой планировалось получать пучки частиц, не используя радиоактивные материалы. Установка была еще несовершенна, но она работала! На одном конце Уолтон и Кокрофт установили стеклянную колбу, заполненную водородом. Приложенное к стенкам колбы напряжение выдирало электроны из атомов водорода, оставляя внутри сосуда голые ядра водорода, то есть протоны⁹⁶. Положительно заряженные протоны ускорялись другим напряжением, приложенным к торцам 8-метровой трубы, состыкованной с колбой. Идея состояла в том, чтобы ускоренные в трубе протоны врзались в объект, поставленный на их пути.

Уолтон и Кокрофт подумали и о технике безопасности. Во время тестирования установки они забрались в сделанное ими небольшое деревянное укрытие в центре лаборатории, обложенное свинцом для экранирования. Устройство Уолтона и Кокрофта стало, как Резерфорд и предполагал, очень полезным инструментом. В 1932 году физики направили поток частиц из этого протоускорителя на литий, самый легкий из металлов. Пучок протонов врзался в мишень и раскалывал атомы лития на две части. Уолтон и Кокрофт получили Нобелевскую премию на двоих в 1951 году за изобретение метода ускорения частиц и расщепление атома.

Расщепление атома было эпохальным достижением, но, чтобы раздробить атомы на еще более мелкие составляющие и изучить их, физикам требовались ускорители помощнее. Обычно ускоритель характеризуют величиной энергии частиц, которую они приобретают в них. (Используемые в этой области единицы энергии называются электронвольтами (эВ), один электронвольт – количество кинетической энергии, которое электрон получает, когда он ускоряется напряжением 1 вольт.) Электронвольт – не очень большое количество энергии. Требуется примерно 600 триллионов электронвольт, чтобы поднять монетку в один фунт стерлингов на миллиметр от земли. Чтобы расщепить атом требуется 100 000 эВ. А чтобы выбить электрон из атома, нужно только 14 эВ. Физики используют для описания энергии пучков обозначения, кратные тысячам электронвольт: кэВ – для тысяч, МэВ – для миллионов, ГэВ – для миллиардов, и ТэВ – для триллионов электронвольт.

Одной из неприятных проблем, преследовавших первых конструкторов ускорителей, было создание сильных электрических полей, необходимых для разгона частиц до более высоких скоростей. В принципе можно разогнать пучки частиц до каких угодно энергий, ускоряя их сильными полями на больших расстояниях. Физики попытались делать так, но эта идея провалилась: они научились получать огромные электрические поля, но через установку побежали искры – возникал пробой.

В то время как Уолтон и Кокрофт упорно трудились над усовершенствованием своего ускорителя на основе стеклянной трубы, американский физик Эрнест Лоуренс из Калифорнийского университета в Беркли придумал новую конструкцию, решившую проблему больших электрических полей⁹⁷. Он позаимствовал идею из статьи норвежского инженер Рольфа Видроу, опубликованной в немецком техническом журнале. Лоуренс не знал языка и не мог прочитать текст статьи – он уловил смысл прост рассматривая рисунки. Вместо того чтобы ускояться, двигаясь в длинной прямой трубке, частицы раскручивались по спирали, ускоряясь на каждом витке. Соответственно в этой установке оказалось возможным использовать более слабые электрические поля.

Сконструированная Лоуренсом установка стала называться циклотронным

⁹⁶ Для получения дополнительной информации см. кн.: Mark Oliphant. Rutherford: Recollections of the Cambridge Days. Elsevier Science, 1972.

⁹⁷ J. L. Heilbron and Robert W. Seidel. Lawrence and His Laboratory: A History of the Lawrence Berkeley Laboratory. Vol. I. University of California Press, 1989.

ускорителем. Внутри установки размером с небольшую тарелку частицы двигались по кругу и ускорялись на каждом витке переменным электрическим полем. Это было похоже на то, как если бы вы раскручивали карусель все быстрее и быстрее, стоя рядом и каждые несколько секунд с силой подталкивая ее. Частицы, направляемые мощными магнитами, кружили внутри циклотрона и по мере получения импульсов раскручивались по спирали. Прошло не так много времени, и в ускорителе Лоуренса частицы уже разгонялись до энергий около 5 МэВ, в то время как Уолтон и Кокрофт смогли получить лишь 800 кэВ. Установка Лоуренса, которую сам он называл “протонной каруселью”, была не только более мощной, но и довольно компактной – она умещалась на его лабораторном столе.

Лоуренс построил целую серию циклотронов, причем каждый последующий был крупнее и мощнее предыдущего. Первый имел всего 5 дюймов в поперечнике, но к 1939 году циклотроны стали гораздо более громоздкими, к примеру, в это время был построен циклотрон-рекордсмен диаметром 5 футов. Лоуренс использовал свои циклотроны для бомбардировки протонами различных элементов, в результате чего возникали их радиоактивные изотопы. Именно эти его работы привели к применению радиоактивных веществ в медицине. Брат Лоуренса врач Джон Лоуренс с помощью радиоактивного фосфора лечил лейкемию. А вскоре его коллеги придумали, как использовать пучки нейтронов, полученные в циклотроне, для уничтожения раковых клеток в организме. В 1939 году Лоуренс получил Нобелевскую премию за создание циклотрона и открытия, сделанные с его помощью, в том числе за синтез технеция – первого искусственного элемента, элемента, не существующего в природе.

По мере того как ускорители становились все более мощными, появлялись и новые технические проблемы. Действительно, частицы внутри установки разгонялись почти до скорости света. В таких условиях дальнейшее увеличение энергии мало что давало в смысле увеличения скорости. Вместо этого (и в соответствии с теорией относительности Эйнштейна) дополнительная энергия изменяла орбиты частиц, и для сохранения постоянной длины траектории ученые ввели в систему электрические поля переменной частоты. Эти более современные установки, получившие название синхроциклотроны, стали следующим поколением ускорителей⁹⁸.

Во время холодной войны соревнование в строительстве гигантских ускорителей частиц в США и Советском Союзе шло параллельно с состязанием в космических исследованиях. Оба государства считали необходимым вкладывать деньги в строительство ускорителей, ведь все помнили, что именно знание структуры атома в конце концов обеспечило создание атомной бомбы и победу союзников во Второй мировой войне. Получение информации об атоме и энергии, заключенной внутри его, было вопросом национальной безопасности, и ведущие страны мира продолжали гонку, практически не считаясь с затратами. Когда одна строила огромный ускоритель, другая старалась построить еще больший.

1950-е годы были периодом расцвета ядерной физики: строились большие ускорители, более десятка уже работали или сооружались в разных странах. В Брукхейвенской национальной лаборатории на Лонг-Айленде (районе Нью-Йорка) работал ускоритель “Космотрон” с энергией частиц 3 ГэВ. В Беркли, близ Сан-Франциско, на ускорителе “Беватрон” была достигнута рекордная энергия 6,2 ГэВ. В 1957 году СССР ответил запуском ускорителя в Дубне – городке, расположенном к северу от Москвы, на котором пучки частиц разгонялись до энергий 10 ГэВ. В том же году СССР запустил первый в мире искусственный спутник. Это произошло через тридцать лет после того, как Уолтон и Кокрофт построили свой первый ускоритель. К этому времени ученые уже научились разгонять частицы до энергий в 50 000 раз выше, чем на первых установках.

Огромные средства, инвестированные в ускорители в США и СССР, создали серьезную

⁹⁸ Gordon Fraser. *The Quark Machines: How Europe Fought the Particle Physics War*. Taylor & Francis, 1997.

проблему для Европы, где наука после войны находилась в глубоком кризисе. Основные открытия в ядерной физике и физике элементарных частиц делались американскими и советскими учеными, а европейские физики теряли квалификацию или уезжали в основном в США, вливаясь в армию американских специалистов⁹⁹.

Озабоченность по поводу будущего европейской науки побудила ведущих ученых, в том числе двух нобелевских лауреатов – француза Луи де Бройля и американца Исидора Раби, – лоббировать проект строительства огромной многонациональной лаборатории. Ее целью, говорили они, станет развитие сотрудничества между различными странами и возвращение европейских ученых на передовые позиции физики. Несколько встреч в начале 1950-х годов привели к тому, что для рассмотрения проектов был создан временный Европейский совет по ядерным исследованиям (Counseil Europeenne pour la Recherche Nucleaire) – ЦЕРН. В 1954 году двенадцать европейских стран ратифицировали решение о создании Европейской организации по ядерным исследованиям, которая должна была базироваться близ Женевы, в Швейцарии.

Европейская лаборатория была очень амбициозным проектом. Первый основной ускоритель в ЦЕРНе, протонный синхротрон, был шириной в 200 метров и едва умещался на футбольном поле. 24 ноября 1959 года в 19.35 ускоритель разогнал протоны до рекордной энергии 24 ГэВ – этот знаменательный момент в истории ЦЕРНа отмечен в лабораторном журнале. На следующее утро Джон Адамс, будущий генеральный директор ЦЕРНа, объявил об успехе, сжимая в поднятой руке пустую бутылку из-под водки¹⁰⁰. Эту бутылку водки прислали ученые из Дубны – с условием, что их европейские коллеги разопьют ее только тогда, когда ЦЕРН побьет рекорд дубнинцев. В тот же день Адамс отослал бутылку обратно, только вместо водки там лежал поляроидный снимок с экрана дисплея, демонстрирующий сгусток летящих протонов с энергией 24 ГэВ.

ЦЕРН стал поистине центром притяжения для всех европейских физиков, занимающихся элементарными частицами. Но строительство самого ускорителя было только половиной дела. Прежде чем использовать установку в качестве научного инструмента, физики должны были построить и установить детекторы, позволяющие увидеть, что происходит, когда частицы с высокими энергиями врезаются в материал мишеней. Детекторы имели специальную конструкцию для обнаружения новых явлений, таких как нейтральные токи или W-частицы. Это были сложнейшие инженерные сооружения, и, чтобы их сконструировать и построить, понадобились годы.

Однако и по другую сторону Атлантики тоже не спали. Пока в ЦЕРНе осваивали свой, церновский, ускоритель, в США вводились в строй научные центры с оборудованием стоимостью много миллионов долларов, и размеры американских ускорителей измерялись в милях и километрах, а не в футах и метрах. В Менло-Парке, в Стэнфорде, был запущен трехкилометровый линейный ускоритель, а примерно в сорока милях к западу от Чикаго, в прериях, на площади 6800 гектаров строился другой крупный объект – Национальная ускорительная лаборатория, Фермилаб.

В Брукхейвенской национальной лаборатории инженеры построили огромный синхротрон с переменным градиентом, на какое-то время ставший самым мощным ускорителем частиц в мире – энергия частиц в нем достигала 33 ГэВ. Благодаря этой установке американцы получили три Нобелевские премии. В 1962 году Леон Ледерман и его коллеги открыли частицы, называемые мюонными нейтрино, а в 1974 году брукхейвенские физики и ядерщики, работавшие на линейном ускорителе Стэнфордского университета,

⁹⁹ Абрахам Пайс описывает подъем физики в США сразу после Второй мировой войны в кн. “Inward Bound” (см. библиографию). На с. 473 он замечает: “Европейская наука и технология могут развиваться параллельно с развитием в других местах, но утечку мозгов можно замедлить, только объединив все силы”.

¹⁰⁰ В фотоархиве ЦЕРНа имеется прекрасная фотографии Адамса с пустой бутылкой (Cern Document Server, Record 39074).

совместными усилиями обнаружили J/PSI-мезоны, которые помогли доказать существование нового типа кварков – так называемых очарованных кварков.

Архитектор и будущий руководитель лаборатории под Чикаго Роберт Уилсон, бывший руководитель отдела экспериментальной ядерной физики в Манхэттенском проекте и бывший аспирант Эрнеста Лоуренса, считал себя человеком нового Возрождения. Будучи хорошим скульптором, он воспринимал ускорители как храмы современной эпохи. Свое видение нового ускорителя в Чикаго, играющего в жизни общества, как он говорил, “в первую очередь духовную роль”, он описал так: “Это будет сооружение невиданной красоты, гармонизирующее наше бытие”.

Уилсон вырос на семейном ранчо в штате Вайоминг, где разводили крупный рогатый скот, и там стал заправским ковбоем¹⁰¹. Эдвин Гольдвассер, заместитель Уилсона в Манхэттенском проекте, рассказывал, что Уилсон мог “если это было необходимо, ловко набросить лассо на любого из трех своих сыновей, когда они были маленькими”. Когда какой-то механизм ломался, юный Уилсон вместо того, чтобы отправиться за запчастями в долгую поездку на лошади в соседний город, шел в местную кузницу и выковывал деталь сам. Этот опыт во многом определил его характер. “Я уверен, что человек способен своими собственными руками построить самые хитроумные механизмы, а потом заставить их работать”, – говаривал он.

Уилсон стал кандидатом на должность руководителя чикагской лаборатории в 1965 году, когда он разрабатывал конструкции ускорителей в Корнеллском университете. В это время Комиссия по атомной энергетике США попросила ученых представить свои планы по строительству новой установки. Одно предложение из бывшей лаборатории Уилсона в Беркли оказалось на его столе. Уилсон детально изучил это предложение и подверг его резкой критике: ускоритель был спроектирован с избыточным запасом прочности и соответственно завышенной стоимостью в 340 млндолларов. Эта цифра показалась ему неоправданно высокой. Уилсон боялся, что непомерные расходы на ускорители вообще могут погубить физику элементарных частиц. Если речь шла о крупных проектах, Уилсон всегда становился бережливым. Он понимал, что, когда какая-то научная установка создается впервые, ее, как правило, проектируют с завышенным запасом прочности и, следовательно, процесс строительства будет дорогим и слишком долгим.

Два года спустя комиссия, рассмотрев более ста предложений по конструкциям ускорителей, призвала Уилсона и попросила его построить лабораторию так, как он считал нужным. Когда строительные работы начались, Уилсона вызвали на слушания в Объединенный комитет конгресса по атомной энергии, где он должен был ответить на вопросы по проекту. В слушаниях, состоявшихся в 1969 году сенатор Джон Пасторе попросил Уилсона объяснить, как данный объект будет способствовать укреплению национальной безопасности. Уилсон ответил, что цель проекта не имеет ничего общего с безопасностью. Тогда Пасторе строго спросил ученого, а вообще зачем нужен ускоритель, каково его предназначение. На этот вопрос сенатора Уилсон ответил так: “Ускоритель имеет отношение только к уважению, с которым мы относимся друг к другу, к достоинству людей и нашему почитанию культуры. Он имеет отношение к тому, насколько мы хорошие художники, скульпторы, большие ли поэты. Я имею в виду все, что мы действительно ценим в нашей стране и на чем основывается наш патриотизм. Ускоритель не имеет отношения непосредственно к защите нашей страны, но имеет отношение к тому, ради чего ее стоит защищать”¹⁰².

¹⁰¹ Детальный портрет Роберта Уилсона и описание его работы в Фермилабе см. в кн.: L. Hoddson, A. W. Kolb and C. Westfall. Fermilab: Physics, the Frontier and Megascience. University of Chicago Press, 2008.

¹⁰² Описание этого обмена репликами, доставляющее истинное наслаждение, см. в кн.: Robert P. Crease Charles C Mann. The Second Creation: Makers of the Revolution in Twentieth-Century Physics. MacMillan. 1986.

Вопрос Пасторе не выглядел странным, учитывая, что дело происходило в разгар холодной войны. Политики надеялись, что ускоритель сможет подсказать, как сделать бомбы еще более разрушительными или защитить страну от внешних агрессоров. Однако предназначение ускорителя было совсем иным – его создавали, чтобы понять, какие физические законы работают в природе. А применения этим знаниям в ближайшие десятилетия могло и не найтись. Строительство все более мощных ускорителей, несомненно, шло на пользу военным, но только косвенно, поскольку способствовало подготовке множества высококвалифицированных физиков и инженеров, специалистов в области сложнейшей электроники.

Под руководством Уилсона сооружение ускорителя в Национальной ускорительной лаборатории было закончено раньше запланированного срока; более того, пучки в нем сумели разогнать до энергий более 500 ГэВ, что более чем в два раза превысило первоначально запланированный уровень, и все это сделали не выходя за рамки бюджета. Откуда возникла экономия, понять легко. Здания были построены кое-как. Туннели, вырытые для ускорителя, текли. Научного оборудования было мало, а некоторые нужные приборы просто отсутствовали. Уилсон не расстраивался. Он просмотрел список экспериментов, которые физики предложили провести на ускорителе. Как и в ЦЕРНе, отобранные эксперименты определили тип необходимых детекторов, которые нужно было монтировать сразу после сооружения самого ускорителя.

Руководство проектом во время строительства и успешный пуск сделали Уилсона в Вашингтоне настоящим героем. Но триумф продлился недолго. После окончания работ осталось 6 млн долларов, и Уилсон решил, что нет ничего предосудительного в том, чтобы потратить их на строительство не большого бустерного ускорителя (ускорителя-инжектора), который мог бы удвоить энергию пучков в ускорителе. Когда в Вашингтоне стало известно об этих планах, почему-то никто в восторг не пришел. Уилсона стали донимать звонками. Не помогло и то, что он даже спрятал телефон в своем кабинете¹⁰³.

В начале 1970-х ЦЕРН и Национальная ускорительная лаборатория в Чикаго впервые сравнялись в шансах выиграть гонку. У американских физиков было намного больше опыта, зато их лаборатория была хуже оснащена – при строительстве руководство старалось сэкономить деньги. В ЦЕРНе же европейские ученые по-прежнему сражались за новые технологии и отчаянно пытались вернуть себе достойное место в научной мировой элите. В обеих лабораториях главным приоритетом стали поиски доказательств теории электрослабых взаимодействий.

Физики и в ЦЕРНе и в Национальной ускорительной лаборатории проводили похожие эксперименты. В обоих ускорителях создавались пучки частиц, называемых нейтрино, которые перемещаются со скоростями близкими к скорости света и проходят через обычное вещество почти не рассеиваясь. Теоретики рассчитали, что в тех крайне редких случаях, когда нейтрино непосредственно налетает на другую частицу, оно отскакивает от нее, причем на картине треков можно будет увидеть про явление электрослабого взаимодействия.

В ЦЕРНе надежды на открытие возлагались на команду, возглавляемую французским физике Андре Лагарригом, и на ее 5-метровый детектор “Гаргамель”. названный в честь матери великана Гаргантюа. героя знаменитого романа Франсуа Рабле, написанного в XVI веке. “Гаргамель” принадлежал к типу детекторов, называемых пузырьковыми камерами. Благодаря их изобретению физики получили множество прекрасных изображений треков частиц. “Гаргамель” подготовили к работе, заполнив камеру 4,5 тонны фреона – жидкостью, которая циркулирует и в холодильниках. Во время эксперимента большой поршень, присоединенный к камере “Гаргамели”, вытягивался, чтобы уменьшить давление внутри детектора. При этом фреон переходил в нестабильное состояние, возникающее вблизи точки кипения. Если нейтрино врезался в электрон внутри детектора, от ricochetивший электрон

¹⁰³ По поводу этой и других причуд Уилсона см. там же.

пролетал через фреон, оставляя след в виде цепочки пузырьков на своем пути. С помощью триггера включалась лампа-вспышка, и след движущейся частицы снимался на пленку.

Эксперименты на “Гаргамели” шли с осени 1972 года до весны 1973-го. То там, то здесь фотографии с детектора демонстрировали треки, похожие на треки от нейтральных токов, предсказанных в электрослабой теории¹⁰⁴. Однако большинство ученых в ЦЕРНе все же не были уверены в правильности такой интерпретации. Многие тогда считали, что вероятность появления нейтральных токов столь мала, что их вряд ли когда-нибудь удастся увидеть.

В декабре Франц Йозеф Хасерт, аспирант Ахенского университета (Германия), просматривал снимки, сделанные в ходе эксперимента на Гаргамели”. Вдруг на одной из фотографий он заметил необычный спиральный след, обладающий всеми признаками нейтрального тока. Хасерт показал снимок своему научному руководителю, а тот – Фейснеру, главе команды “Гаргамель” в Ахене. Фейснер сразу понял: это именно то, чего они все так ждали! Через несколько дней он положил фотографию в портфель и полетел в Англию, показывать ее Дональду Перкинсу, члену команды “Гаргамели” из Оксфордского университета.

В экспериментах на “Гаргамели” физики сделали 1,4 миллиона фотографий треков частиц. И среди этого огромного количества снимков можно было, как посчитали ученые, найти где-то от пяти до тридцати треков, вызванных нейтральными токами. Каждую фотографию следовало детально рассмотреть на световом столе. Это была утомительная, скучная, но необходимая работа. “Легко представить, что это был за кошмар”, – говорил позже Перкинс. К декабрю команда “Гаргамели” просмотрела только 100 000 снимков. Со временем они изучили и оставшиеся 1,3 миллиона. И нашли всего два изображения, похожие на следы нейтральных токов.

В начале следующего года Фейснер написал письмо Лагарригу, описывая полученное изображение: “Эта картинка нас сильно возбудила. На ней был достойнейший кандидат на роль нейтрального тока”. Однако как ни убедителен был снимок, физики в ЦЕРНе знали – им нужно получить еще много подобных фотографий, чтобы твердо знать, они видят те самые нейтральные токи. Но ученые уже почувствовали пьянящий запах близкого открытия...

Они вытащили свои старые пленки и принялись перепроверять изображения, чтобы убедиться, что ничего не пропустили. К делу подключились команды из других европейских стран. Для удобства фотографии сильно увеличивали, и теперь каждый мог их рассмотреть. Стоя вокруг стола, на котором лежала обсуждаемая фотография, физики спорили о происхождении какой-нибудь подозрительной полоски или симпатичного завитка. Это нейтральный ток или нечто другое? Если возникали сомнения, изображение тут же забраковывалось и откладывалось в сторону¹⁰⁵.

18 июля 1973 года Лагарриг проходил мимо полки с дневной почтой ЦЕРНа. Там лежало письмо от Карло Руббиа, возглавлявшего команду охотников за нейтральными токами в Национальной ускорительной лаборатории в Чикаго¹⁰⁶. Руббиа писал, что до него дошли слухи, будто ЦЕРН готов официально объявить об открытии нейтральных токов. Он сообщил, что у его собственной команды около 100 отчетливых изображений нейтральных токов и они готовят статью об этом. Руббиа завершал письмо предложением: обе команды

¹⁰⁴ На нейтрино не действуют электромагнитные силы, и, поскольку они имеют крошечные массы, сила тяжести на них тоже почти не действует, зато они чувствуют слабые силы, что делает их идеальными объектами для изучения слабых взаимодействий.

¹⁰⁵ Peter Galison. The discovery of neutral currents. In *Weak Neutral Currents*, edited by David B. Cline. Westview Press, 1997.

¹⁰⁶ Оригинальное описание этого эпизода см. в статьях: Peter Galison. The discovery of neutral currents (см. выше); John Krige. Distrust and discovery: the case of the heavy bosons at Cern. *Isis* Vol. 92. September 2001.

признают открытия друг друга и разделяют лавры первооткрывателей. Лагарриг почувствовал – тут что-то не так. Подумав, он решил, что конкурирующие команды должны объявить о своих открытиях по отдельности, и отказался от предложения Руббиа. Его команда, писал Лагаррик своему американскому коллеге, планирует сделать объявление об открытии в течение ближайших двадцати четырех часов. Поль Мюссе, еще один физик из команды “Гаргамели”, провел семинар в ЦЕРНе, где объявил об открытии нейтральных токов. Четыре дня спустя группа послала свою работу по нейтральным токам в журнал “Physics Letters”. Через две недели Карло Руббиа тоже послал статью своей команды в американский журнал “Physical Review Letters”. Однако на этом гонка отнюдь не завершилась. Редакторы журналов направили обе статьи рецензентам, и в обоих случаях они вернулись к авторам с замечаниями. Вопрос о том, кто получит лавры победителя, повис в воздухе.

В сентябре того же года физики, работавшие в области элементарных частиц, собрались в городке Экс-ан-Прованс на юге Франции на одну из главных конференций в академическом сообществе. Поль Мюссе, решив отправиться туда на машине, выехал из ЦЕРНа и взял направление на юг. Въехав в Экс-ан-Прованс, он увидел двух человек у железнодорожного вокзала, тащивших тяжелые чемоданы и направлявшихся, скорее всего, в гостиницу. Мюссе притормозил. “Вы Салам?” – окликнул он одного из мужчин. Абдус Салам (а это был действительно он, тот самый Салам, разработавший теорию электрослабого взаимодействия независимо от Стивена Вайнберга) ответил утвердительно. “Садитесь в машину, у меня для вас новости, – сказал Мюссе. Мы обнаружили нейтральные токи”¹⁰⁷.

В том же месяце в “Physics Letters” была опубликована статья команды “Гаргамель по нейтральным токам. Она утвердила приоритет открытия за ЦЕРНом и таким образом прославила его. Однако ликование длилось недолго.

В Национальной ускорительной лаборатории в Чикаго команда Руббиа приостановила публикацию своей статьи. Незадолго до того физики решили отрегулировать детектор, чтобы улучшить его характеристики. Было решено пока задержать выход статьи – вдруг удастся получить лучшие результаты. Однако когда детектор заработал снова, результаты резко ухудшились. Треки, которые раньше выглядели как следы нейтральных токов, исчезли!

К ноябрю американская команда полностью поменяла свою точку зрения на ситуацию с нейтральными токами. Их обновленный детектор не фиксировал токов. Физики быстро подготовили черновик статьи, в которой описали причины отказа от выводов своей первой статьи. Заключение маститых специалистов из Фермилаба и университетов Гарварда, Пенсильвании и Висконсина могло нанести мощный удар по репутации ЦЕРНа и дискредитировать выводы европейских ученых.

Несколько недель спустя Карло Руббиа прибыл в ЦЕРН с письмом для Лагаррига от ученых из Национальной лаборатории. Там были плохие новости. “Мы написали статью, – сообщали американцы, – предназначенную для публикации в “Physical Review Letters”, которая скоро будет послана в редакцию. Копия, конечно, будет направлена вам, но по очевидным причинам мы хотели бы неофициально поделиться нашими результатами до ее публикации”. Лагарриг показал письмо членам своей группы. Когда уже все в ЦЕРНе знали о послании американцев, генеральный директор ЦЕРНа Вилли Йенчке созвал срочное заседание группы “Гаргамели” и устроил перекрестный допрос по поводу надежности их результатов¹⁰⁸. Если команда Руббиа права, ЦЕРН должен был пройти через ужасное унижение. Однако сотрудники “Гаргамели” стояли на своем. Они рассмотрели все процессы, способные привести к появлению подобных треков в детекторе и исключили все, кроме

¹⁰⁷ Selected Papers of Abdus Salam. World Scientific, 1994.

¹⁰⁸ Galison (см. выше).

нейтральных токов. Наши результаты правильны, утверждали они, независимо от того, что получилось у американцев.

Вскоре после возвращения Руббиа из ЦЕРНа у его группы в Национальной ускорительной лаборатории возникли очередные сомнения. Один из членов команды, Дэвид Клайн, заметил восемь событий, зарегистрированных детектором и убедительно свидетельствующих о присутствии нейтральных токов. И теперь вместо того, чтобы отправить вторую статью, в которой авторы похоронили надежду их обнаружить, американская команда опять вернулась к своей первоначальной статье, уже пролежавшей более четырех месяцев в издательстве журнала. Они слегка переделали ее. Вся эта история с очевидностью продемонстрировала не только то, что американская команда находилась под огромным давлением, но и то, что для понимания процессов, происходящих в сложных установках, нужен большой опыт. Остряки шутили, что американские физики охотились на “переменные нейтральные токи”. Работа чикагских физиков была опубликована в апреле 1974 года.

Интенсивные усилия по обнаружению нейтральных токов изнурили команды и в ЦЕРНе, и в Национальной ускорительной лаборатории (вскоре после этого переименованной в Фермилаб). Но результат стоил таких усилий. Это было первое доказательство того, что теория электрослабых взаимодействий правильна и что на ранней стадии развития Вселенной электромагнитное и слабое взаимодействия были объединены.

Не так много научных открытий было должным образом оценено современниками. Поначалу открытия часто кажутся непонятными, загадочными и не имеющими никакого практического применения. Затем, по мере того как растет число ученых, работающих в данной области, значимость их становится ясна. Нейтральные токи – отличный тому пример. Более чем через десять лет после того, как они были обнаружены, ученые начали подозревать, что эти токи играют решающую роль в судьбах умирающих звезд. Судьба стареющих звезд – одна из величайших загадок Вселенной: казалось бы, их свечение в конце жизни должно постепенно ослабевать и в конце концов совсем затухнуть. Однако вместо этого старая звезда вдруг эффектно взрывается с образованием сверхновой! Считается, что в таких сверхновых звездах высвобождается столько энергии, сколько выделит Солнце за всю свою жизнь. Смертельная агония звезды выглядит действительно драматично.

По всей видимости, нейтральные токи управляют взрывами сверхновых звезд, и в процессе таких взрывов и образуются все тяжелые элементы – те самые, что когда-то попали на Землю и без которых жизнь на нашей планете никогда бы не возникла.

Может оказаться, что нейтральные токи регулируют и другие процессы в окружающем нас мире – так, вероятно, именно они отвечают за асимметрию молекул. Действительно, многие молекулы существуют в двух формах, которые во всем идентичны за исключением того, что они зеркально отображают друг друга. Ученые называют их левыми и правыми формами. (Такой вид симметрии называется “хиральность”.) Одна из причуд природы состоит в том, что в некоторых случаях очень важно какая молекула участвует в процессе – правая или левая.

Ричард Фейнман продемонстрировал это свойство молекулярной асимметрии в своих корнеллских лекциях, опубликованных в 1965 году. Фейнман описал эксперимент получения сахара из простейших ингредиентов. Молекулы сахара не сложные – они состоят из 12 атомов углерода, 22 атомов водорода и 11 атомов кислорода. Что произойдет, если вы положите такой синтетический сахар в небольшое количество воды и добавите бактерии? Оказывается, бактерии съедят только половину сахара. И вот почему. Синтетический сахар содержит равное количество левых и правых молекул. Оба вида молекул химически идентичны, но симметрия их зеркальная. В природе по неизвестным пока причинам молекулы сахара существуют лишь в правой форме, и бактерии эволюционировали так, что могут переварить только эту форму. Если они сталкиваются с левыми молекулами сахара, они их не трогают, потому что просто не знают, что с ними делать. Асимметрия в прямом смысле заложена в наших генах. Двойные спирали нашей ДНК, как и аминокислоты, из

которых они сделаны, – “левые”. Происхождение этой асимметрии в природе – одна из самых интригующих загадок биологии.

Ее вероятную разгадку предложил в 1984 году Стивен Мейсон, химик из лондонского Королевского колледжа. Такие частицы, как электроны и кварки, имеют спин, собственный момент количества движения, и он тоже бывает левым или правым. Сила, переносчиками которой являются Z -частицы, действует только на частицы с левым спином. Расчеты Мейсона показали, что, если принять во внимание этот факт, левые формы аминокислот и правые формы сахаров оказываются устойчивее, чем их зеркальные партнеры. Может быть, еще до появления жизни на Земле нейтральные токи сделали некоторые молекулы более стабильными, и они постепенно стали доминантными формами во Вселенной.

Причины асимметрии в природе имеют не только научный интерес. Понять, почему левые и правые молекулы ведут себя по-разному, очень важно для медицины. В 1960-х годах тысячи женщин, ждущих ребенка, чтобы справиться с утренней тошнотой, принимали на ранних стадиях беременности препарат талидомид. Оценки показали, что непосредственным результатом приема этого препарата явилось рождение более 10 000 детей с серьезными дефектами. У многих из них отсутствовали руки и ноги. Препарат вызывал неправильное развитие глаз и ушей, наносил вред сердцу, почкам, пищеварительной системе, половым органам и нервной системе младенцев. Чтобы возник такой сбой в развитии плода, было достаточно разовой дозы препарата. Препарат изготавливался в виде смеси “левых” и “правых” молекул, но ученые теперь знают, что утреннюю тошноту помогала снимать только одна форма, а другая, вероятно, сдерживала активность генов развивающегося эмбриона и вызывала врожденные пороки. Лекарство безопасно, если оно содержит только одну форму молекул.

Роль нейтральных токов в жизни на Земле заинтриговала Абдуса Салама через много лет после того, как он выдвинул идею объединения электромагнитных и слабых взаимодействий. В 1988 году на лекции, посвященной памяти Поля Дирака, он сказал: “Сегодня в научном сообществе все более и более растет уверенность в том, что электрослабая сила является настоящей “силой жизни” и что Бог создал Z -частицы, дабы обеспечить асимметрию “молекул жизни”.

ЦЕРН отметил свой первый крупный успех – открытие нейтральных токов. Эти мимолетные свидетельства того, что теория электрослабых взаимодействий правильна, убедили всех, что и W - и Z -частицы все-таки существуют. Теперь целью ученых стало обнаружение загадочных частиц, поскольку только это бесспорно доказало бы правильность теории электрослабых взаимодействий.

Но тут на пути физиков встало серьезное препятствие. Оказалось, что W - и Z -частицы очень неустойчивы, время жизни их чрезвычайно мало. То есть требовалось их создать искусственно, и задача сия не обещала быть легкой. В 1970-х годах ни один из готовых или еще строящихся ускорителей не мог развить достаточно энергии, чтобы там родились эти частицы. У физиков было два варианта: либо ждать, пока появятся время и деньги на строительство более крупных и мощных ускорителей нового поколения, либо быстро придумать и сконструировать какой-либо паллиатив.

В первых ускорителях высоких энергий использовались пучки частиц, врезающихся в мишени и разрушающих вещество с помощью грубой силы. Чем меньшие фрагменты вы хотели изучать, тем большие энергии нужно было получить. Чтобы отодрать электроны от атома, требуется относительно мало энергии, потому что электроны в атоме связаны с ядром обычными электрическими силами. Ядра же – крепкие орешки: частицы внутриядерные – протоны и нейтроны – связаны друг с другом сильным взаимодействием (гораздо более сильным, чем электромагнитное).

Следующее поколение ускорителей должно было разгонять пучки до еще более высоких энергий. Большинство частиц, интересовавших физиков, не существует в свободном виде в природе, а потому они должны быть созданы искусственно. Возможность

этого ясно из уравнения Эйнштейна $E=mc^2$. В новых ускорителях частицы создавались непосредственно из выделяемой энергии при бомбардировке мишени пучками высоких энергий. Согласно расчетам теоретиков, для получения Z-частицы необходима полная энергия столкновений не меньше 92 ГэВ, а для получения W-частиц – около 160 ГэВ (энергия каждой равняется 80 ГэВ, а рождаются они парами).

В конце 1960-х годов Герш Ицкович Будкер, одаренный советский физик, основатель и первый директор новосибирского Института ядерной физики СО АН СССР, к тому же обладавший явной предпринимательской жилкой (Будкер и его коллеги поставили работу на коммерческую основу – они продавали создаваемые ими ускорители и их части, в том числе и за границу, а на вырученные деньги проводили свои исследования), выдвинул радикальную идею значительного наращивания энергии ускорителей. Будкер придумал конструкцию ускорителя, в котором вместо того, чтобы нацеливать ускоренные частицы на неподвижные мишени, пучки протонов направляли навстречу пучкам антипротонов – аналогов протонов в мире антиматерии. При таком соударении должна была выделяться огромная энергия.

Идея заставить частицы сталкиваться лоб в лоб была не нова. Несколько команд, работающих на ускорителях, уже проверили возможность реализовать эту идею и доказали ее работоспособность. Преимущество этого способа становится ясным, если представить себе вместо частиц автомобиля. Когда одна машина врезается в другую, припаркованную, большое количество энергии идет на то, чтобы проволочь стоящий автомобиль вперед. То же самое происходит и в ускорителях. Когда частицы с высокими энергиями врезаются в неподвижные, много энергии тратится впустую – на то, чтобы частицы мишени затолкнуть внутрь. При лобовом столкновении дела обстоят совсем иначе. Когда две частицы на высоких скоростях сталкиваются лоб в лоб, они останавливаются, и почти вся высвободившаяся энергия может быть использована на образование новых частиц.

Гениальность предложения Будкера состояла в идее использования антивещества. Частицы антивещества имеют точно такую же массу, что и их партнеры, но равный и противоположный по знаку электрический заряд. Это означает, что вы можете запустить протоны и антипротоны в ускоритель и получить пучки, закручивающиеся в противоположных направлениях, при этом даже не потребуются деньги на модификацию установки, поскольку она не нужна. Все, что необходимо сделать, – это столкнуть пучки внутри детектора и сделать снимки осколков, выбрасываемых при таком жестком столкновении.

Однако было одно препятствие, которое угрожало сорвать планы Будкера. С антиматерией трудно иметь дело. Ученые тогда еще не умели создавать из античастиц чистые пучки высокой энергии. Но Г. И. Будкер в Новосибирске и ведущий физик ЦЕРНа Симон ван дер Меер, работая над этой проблемой, нащупали какое-то перспективное решение. Они показали, что, если достаточно интенсивные пучки антипротонов охладить, они будут вести себя достаточно стабильно. Если пучки нормальных протонов создают, ускоряя ядра водорода, вылетающие прямо из газгольдера (потом их легко заставить двигаться в одном направлении), то антипротоны можно получить, только направив пучки протонов на металлическую мишень и собрав случайно вылетающие частицы антивещества. Антипротоны, полученные таким способом, представляют собой ансамбль античастиц с различными энергиями. По идее охлаждение должно было превратить их в тонкие, однородные пучки.

Летом 1976 года в активе Фермилаба имелось пять предложений по преобразованию ускорителя в протон-антипротонный коллайдер. Два из них поступили от членов команды Карло Руббиа. После детального обсуждения наблюдательный комитет отверг все пять на том основании, что еще слишком рано решать вопрос о выборе будущей тематики лаборатории. Вместо этого наблюдательный комитет решил, что нужно провести более глубокие исследования. Воспользовавшись ситуацией, Уилсон запросил 490 тыс. долларов на сооружение небольшой установки для проверки возможности охлаждения пучков

антивещества.

Руббиа был разочарован. Причем настолько, что даже покинул США, пересек Атлантический океан и предложил свой проект ЦЕРНу. Европейцы тогда только что запустили новый ускоритель элементарных частиц – суперпротонный синхротрон (SPS), в котором в подземном кольце диаметром около 7 километров частицы разгонялись, после чего врезались в твердые металлические мишени. В ЦЕРНе Руббиа увидел желание рискнуть. Генеральный директор по исследованиям Леон Ван Хов боялся, что Фермилаб опередит их, поскольку американский ускоритель работал на энергиях 500 ГэВ, что на 100 ГэВ превышало энергию церновского ускорителя. И тогда Ван Хов приложил гигантские усилия, чтобы добиться разрешения на превращение ускорителя в протон-антипротонный коллайдер. Ван Хов решил, что так он обретет шанс первым найти W- и Z-частицы. В обращении к сотрудникам он написал, что в противном случае ЦЕРН обречен лишь на “повторение, пусть и на более высоком уровне, экспериментов, уже сделанных или подготовленных к проведению на ускорителе в Фермилабе”¹⁰⁹. В физике нужно уметь рисковать, если вы хотите получить “что-то большее, чем просто хлеб с маслом”.

Ван Хов был генеральным директором ЦЕРНа по исследованиям, а инженер Джон Адамс – исполнительным генеральным директором, и они разделяли ответственность за результативность проектов. Оба начальника отчаянно спорили по поводу предложения Руббиа. Адамс опасался, что европейские страны, финансировавшие ЦЕРН, прореагируют болезненно на это предложение. Они уже заплатили за новый, только что запущенный ускоритель частиц, и вдруг ЦЕРН опять будет просить у них деньги на радикальную модернизацию ускорителя, да еще и на столь рискованный проект! Ван Хов стоял на своем: план Руббиа – лучший вариант, они должны сделать открытие первыми, и ЦЕРН должен немедленно принять предложение американца. На одном заседании страсти так накалились, что Ван Хову пришлось напомнить Адамсу, кто тут руководитель научных программ, и, уже придя в полное неистовство, он заявил, что уйдет в отставку, если Адамс не поддержит его план.

В конце концов Ван Хов добился своего – ускоритель решили подвергнуть капитальной реконструкции. Инженеры и ученые ЦЕРНа собрались вместе, чтобы обсудить, возможно ли это и что нужно сделать. Ученым предстояло доказать, что, во-первых, пучками антивещества можно управлять и, во-вторых, их можно использовать в ускорителе. Если бы они это сумели, то следующим этапом стало бы сооружение новых установок для получения антиматерии и помещения для хранения новых экзотических частиц. Прошел год работы, и инженеры сообщили хорошие новости: им удалось довести в своих экспериментах время жизни антивещества с нескольких микросекунд до 32 часов, а затем охладить антивещество и получить однородные интенсивные пучки. Похоже, Ван Хов поставил на правильную лошадку.

А Джон Адамс отметил достижения своих инженеров своеобразным способом. 8 июня 1978 года он написал стихотворение об успехах Руббиа и ван дер Меера и послал его в виде докладной записки¹¹⁰. Стихотворение – слишком субъективное и обидное, чтобы его здесь цитировать, – в поэтической форме описывало, как Руббиа использовал талант ван дер Меера в своих корыстных карьерных целях.

Месяцем позже сотрудники ЦЕРНа собрались в аудитории послушать, что скажет Адамс. Он высоко оценил эксперименты с антивеществом и особую роль Симона ван дер Меера, сыгравшего ключевую роль в том, что работа оказалась столь успешной. “Это дает возможность провести модернизацию ускорителя, ранее практически немыслимую”, – заявил

¹⁰⁹ Krige, 2001.

¹¹⁰ В архиве ЦЕРНа хранится эта записка Джона Адамса от 8 июня 1978 года, озаглавленная “Утверждение списка оборудования для получения pp̄ba-столкновений” и адресованная К. Руббиа и Ван дер Мееру.

Адамс. Действительно, после переделки в коллайдере при столкновении пучков протонов и антипротонов могла бы высвободиться энергия до 540 ГэВ! Правда, при этом Адамс саркастически заметил, что лаборатория может обанкротиться, зато в ней родилось множество идеи. Свою язвительную речь он завершил так: “В заключение хотел бы добавить: идея модернизации установки – бизнес-проект сотрудника ЦЕРНа Карло Руббиа, предпринимателя и известного трансатлантического “челнока””.

Брошенный в огород Руббиа камень не понравился ряду сотрудников ЦЕРНа. В следующем месяце Адамс был вынужден публично извиниться¹¹¹. В письме сотрудникам он написал: “Я охарактеризовал Руббиа как предпринимателя, что на современном английском деловом жаргоне означает человека, который в первую очередь видит преимущества плана и выгоду от его реализации и только во вторую очередь – возможность его успешного завершения. К сожалению, у слова “предприниматель”, кажется, есть и другой, менее приятный смысл, и мое замечание было воспринято – ошибочно – некоторыми сотрудниками ЦЕРНа как оскорбление”.

Вскоре в ЦЕРНе началась работа по переделке ускорителя. Важным новым объектом стала система по созданию и хранению антивещества. Антипротоны получались при столкновении пучка протонов с металлической мишенью. На каждый миллион протонов, врезающихся в мишень, образовывался один антипротон. Антипротоны выкачивались, охлаждались и собирались в готовые к запуску в ускоритель пучки.

Для регистрации столкновений частиц требовались детекторы, и, чтобы сделать помещение для них, вырыли две огромные пещеры рядом с ускорителем. Первый детектор был огромным, очень сложным. Он весил более 2000 тонн. Конструкцию его разработал Карло Руббиа. Второй – меньше проще и дешевле – делала команда во главе с французским физиком Пьером Дарьюла. Детектор Руббиа был Голиафом, а детектор Дарьюла – Давидом, впрочем, ЦЕРН дал им более прозаические имена – UA1 и UA2 – по названию пещер, в которых они были установлены.

Строительные работы были в разгаре, когда в 1979 году Питер Хиггс прибыл на конференцию в Женеву. Конечно же он воспользовался шансом посетить ЦЕРН. Хиггсу устроили экскурсию по стройке и показали зияющую дыру в земле, где собирались монтировать установки для получения и хранения антипротонов. В то время работа Хиггса по суперсимметрии в Эдинбурге продвигалась с большим скрипом. Ему стало казаться, что только новое поколение, молодые люди, недавно защитившие свои докторские диссертации, могли сделать что-нибудь стоящее. “То, что они делают за дни, у меня отнимает недели”. – говорил Хиггс.

Говорят, что Эйнштейн однажды заметил, по-видимому полушутливо, что “не получивший заметного научного результата до тридцати лет потом уже никогда этого не сделает”. Сказал ли Эйнштейн эту фразу или нет, но определенная истина в ней несомненно присутствует. В то время Хиггс мучительно размышлял об этом. Он признавался. Я действительно много времени потратил на глупости, поэтому через некоторое время сдался. Мне было грустно. Я больше не мог конкурировать, и мне пришлось признать это”.

А тем временем в Фермилабе, расположенном на окраине Чикаго, разразился кризис. Напряженность в отношениях Роберта Уилсона с вашингтонскими чиновниками быстро нарастала. Уилсона назначили руководить строительством бустерного кольца для ускорителя Фермилаба, в котором использовались сверхпроводящие магниты. С его вводом рассчитывали достичь рекордной энергии 1000 ГэВ. Уилсон считал само собой разумеющимся, что Вашингтон будет финансировать этот проект, но вместо этого он был вызван на ковер для обсуждения сокращения финансирования проекта. Уилсон пытался увильнуть от участия в обсуждении, говоря, что его дело – запускать ускоритель, а не идти с

¹¹¹ В архиве ЦЕРНа хранится это извинение Адамса, озаглавленное “Обращение к сотрудникам ЦЕРНа” и сделанное 24 августа 1978 года.

протянутой рукой к чиновникам. Переговоры зашли в тупик, в результате проект потерял шансы на успех. 9 февраля 1978 года Уилсон сдался. В своем заявлении об отставке он жаловался, что из-за плохого финансирования ускоритель Фермилаба работает только на половинной мощности. Как конкурировать с ЦЕРНом, получающим в два раза больше денег? “Наши планы компенсировать их финансовые преимущества за счет увеличения энергии протонов на ускорителе Фермилаба до 1000 ГэВ с помощью использования сверхпроводящих магнитов разрушены из-за нерешительности властей и отсутствия минимальной поддержки”, – с горечью писал он.

В последние месяцы в Фермилабе Уилсон начал работать над прощальным подарком лаборатории – 10-метровым стальным гиперболоидным обелиском. При составлении сметы на сооружение скульптуры он, к своему ужасу, обнаружил, что только один счет – от сварщиков – составил 20 тыс долларов. Уилсон отреагировал в свойственной ему манере – заявил, что будет варить обелиск сам¹¹². Но тут возникла другая проблема. Местные сварщики, работающие в лаборатории, заявили, что ему не разрешено этого делать. “Почему это я не могу? Я – директор, – сказал Уилсон, – и могу делать все, что хочу”. Сварщики объяснили, что если он это сделает, то они уволятся. Сварочный цех в Фермилабе был отделением профсоюза сварщиков, а Уилсон не был членом профсоюза. Тогда Уилсон вступил в профсоюз, зарегистрировался в качестве ученика сварщика и стал работать над скульптурой все свободное время. Уилсон назвал скульптуру “Аква Алле Фуни” (*Воду на канаты*). Фраза эта взята из истории Рима XVI века, которую Уилсон пересказывал так: “В полной тишине, чтобы звуки не помешали, толпа сановников смотрела, как около тысячи человек с лошадьми поднимали на веревках египетский обелиск, стараясь поставить его вертикально. Когда обелиск был наполовину поднят, жар полуденного солнца нагрел канаты, и они стали трещать, растягиваться и проскальзывать. Когда обелиск накренился вбок, один генуэзский матрос из толпы крикнул “Аква алле фуни!”, что означает “Воду на канаты!”. Людям, поднимающим обелиск, было приказано пролить на канаты воду из бочонков; веревки опять натянулись и выровняли обелиск”.

Вечернюю церемонию открытия и освящения обелиска Уилсон решил посмотреть с небольшого катера – недалеко от главного здания Фермилаба был пруд. Уилсон поднялся на борт с бутылкой шампанского, к нему присоединился Норман Рамсей, председатель Ассоциации университетских исследований (именно ему Уилсон подал свое заявление об отставке). Когда случилась заминка в церемонии, Уилсон не удержался и крикнул в сторону берега: “Воду на канаты!”

Фермилабу был крайне необходим новый, мудрый и дальновидный лидер. Таким человеком был Леон Ледерман из Колумбийского университета в Нью-Йорке. Ледермана высоко ценили, у него была репутация ученого, глубоко преданного науке. Он сделал себе имя в физике, открыв новые частицы. Кроме того, у него было чудесное чувство юмора, в тяжелые моменты он умел вовремя пошутить, тем самым разрядить обстановку и поднять моральный дух своих сотрудников. Однажды во время пребывания в Брукхейвенской национальной лаборатории на Лонг-Айленде Ледерман наблюдал за экспериментом, в котором требовалось оградить оборудование толстым металлическим экраном. Ледерман каким-то образом раздобыл старую пушку с военного корабля, но, когда ее установили, оказалось, что внутри стальной трубы вырезан паз, который может помешать эксперименту. Ледерман нашел худосочного студента и попросил его залезть в пушку – забить мешающий паз тонкой стальной стружкой. Студент возился полчаса, а когда наконец выполз, заявил: “Хватит. Я ухожу”. Ледерман стал упрашивать молодого физика: Но вы не можете так уйти. Где я возьму другого студента нужного калибра?”

Когда речь заходила о физике, Ледерман становился романтиком. Он писал, что его каждодневная работа “заполнена тревогой, болью, лишениями напряженностью, приступами

¹¹² Fermilab: Physics, the Frontier and Megascience. University of Chicago Press, 2008.

отчаяния, депрессии и уныния”. Все это было правдой, говорил Ледерман но все это стоило пережить ради редких моментов когда тебе приоткрывается что-то новое. Лучшие идеи, утверждал он, всегда приходят рано утром, когда большинство людей еще спит. “Ты смотришь, смотришь и вдруг видишь, что несколько цифр выпадают из ряда прочих – всплеск в данных. Ты обрабатываешь их с помощью разных статистических методов, ищешь ошибки, но пик не исчезает! Он реально существует. Значит, ты что-то нашел! На свете просто не существует ощущения, сравнимого с этим”.

Ледерман приехал в Фермилаб и увидел, что там явно не все в порядке. Сотрудники нервничали и хотели знать, что их ждет в будущем. Будет ли реанимирован проект сверхпроводящего бустерного кольца Уилсона, который позволил бы построить самый мощный в мире коллайдер частиц с энергиями 1000 ГэВ, или же лаборатория пойдет тем же путем, что и ЦЕРН, и преобразует основное кольцо уже существующего ускорителя в протон-антипротонный коллайдер? Чтобы решить эту проблему, Ледерман организовал некое действо, которое назвал День перемирия. Каждый мог высказать свой взгляд на будущее лаборатории, если он у него имелся. Ледерман пригласил трех мудрецов-мэтров – Бойса Макдэниела из Корнеллского университета, Мэттью Сэндса из Калифорнийского университета в Санта-Круссе и Бертона Рихтера со Стэнфордского линейного ускорителя – присутствовать в качестве судей. Их роль состояла в том, чтобы “с помощью умных, острых вопросов постараться сбить сторонников той или иной точки зрения с их позиции”.

Собрание началось в 9 часов утра и ноября 1978 года и продолжалось до 3 утра следующего дня. Измученные бурными, весьма эмоциональными спорами, физики решили закрыть прения – они с нетерпением ждали решения Ледермана. На следующее утро за кофе и сэндвичами с лососем Ледерман с тремя мудрецами обсудили ситуацию. Преобразование основного ускорительного кольца в протон-антипротонный коллайдер дало бы шанс обогнать ЦЕРН в поисках W- и Z-частиц, но доводы сторонников этого плана не показались мэтрам и Ледерману убедительными. Вместо этого он решил бросить все ресурсы на строительство сверхпроводящего бустерного кольца, которое и собирался сконструировать Уилсон, и таким образом превратить ускоритель в более мощный коллайдер. Будущий ускоритель назвали “Теватроном”.

Решение Ледермана вовсе не означало, что ЦЕРН остался единственным участником гонки за первенство в открытии W- и Z-частиц. В Брукхейвенской национальной лаборатории тоже всю разрабатывались планы по строительству нового коллайдера, предназначенного специально для охоты за предсказанными частицами. В машине, названной “Изабель”, конструкторы решили использовать сверхпроводящие магниты, и она должна была быть запущена в начале 1980-х годов. Примерно в то же время готовился к экспериментам и модернизированный европейский коллайдер. Работы в ЦЕРНе шли успешно. Установки для получения и хранения антипротонов были запущены и работали. Детекторы установлены на свои места и проверены Системы охлаждения пучков заработали. В июле 1981 года после героических трехгодичных усилий в реконструированном ускорителе встретились первые пучки антипротонов и протонов. В течение нескольких часов камеры детекторов регистрировали столкновения частиц и античастиц, которые исчезали, оставляя после себя “облако” высокой энергии.

В Брукхейвене же коллайдер “Изабель” столкнулся с серьезными трудностями. Оказалось, сконструировать сверхпроводящие магниты не так просто, как думали американские инженеры. В то время как в ЦЕРНе физики уже начали с помощью своего модернизированного ускорителя поиски новых частиц, инженеры в Брукхейвенской лаборатории еще только работали с масштабными моделями. До настоящих испытаний коллайдера оставалось еще несколько лет.

Поскольку Фермилаб, а теперь и Брукхейвенская лаборатория выпали из гонки за право первыми обнаружить W- и Z-частицы, между собой соревновались две команды ЦЕРНа. Хотя оба – Карло Руббиа и Пьер Дарьюла – работали в одной и той же лаборатории, они возглавляли две независимые группы физиков и курировали два разных детектора. Правила

игры в ЦЕРНе были таковы: группы, работающие на различных детекторах, не показывали сразу свои данные друг другу. Это обеспечивало уверенность в правильности результата: если одна команда делает открытие, другая его проверяет и либо подтверждает, либо опровергает. Кроме того, это обеспечивало лояльность команд и заставляло их соревноваться друг с другом.

В августе 1982 года всем руководителям ЦЕРНа объявили, что они должны подготовиться к приему важного гостя. Имя держалось в секрете, но было строго приказано обеспечить безопасность гостя, и физики провели тщательный осмотр установки на случай, если кто-то спрятал там бомбу. Важным гостем оказалась Маргарет Тэтчер, тогдашний премьер-министр Великобритании. Ей организовали частный визит в лабораторию. Он пришелся на период свертывания боевых действий в войне за Фолклендские острова. Тэтчер, химик по образованию, закончила Оксфордский университет, и, попав в лабораторию, она настаивала, чтобы с ней общались как с коллегой. Физики рассказали миссис Тэтчер про охоту на W- и Z-частицы и про то, как в случае их обнаружения будет доказана теория электрослабого взаимодействия, то есть объединения электромагнетизма и слабого взаимодействия. По ходу экскурсии ученый из команды Карло Руббиа Алан Астбери сделал краткую презентацию и сказал: “Если нам повезет и Дед Мороз существует, мы увидим W-частицы до конца года”. Услышав это, Тэтчер наставила палец на Астбери и сказала: “Отлично, я позвоню вам в январе – узнать, нашли ли вы эти таинственные частицы”. Она не уточнила, что будет делать, если физикам не удастся их найти. Перед отъездом Тэтчер взяла с генерального директора ЦЕРНа Хервига Шоппера обещание связаться с ней лично, как только частицы обнаружат¹¹³. Ей хотелось узнать об этом не из газет”, – вспоминал Шоппер.

К ноябрю коллайдер частиц в ЦЕРНе уже заработал и развил энергию достаточно высокую для того, чтобы из нее могли родиться W-частицы (если, конечно, они действительно существовали). Из миллиардов зарегистрированных столкновений Руббиа и Дарьюла отобрали миллион для детального анализа. Сама W-частица столь неустойчива, что исчезает почти сразу, как только рождается, поэтому церновские команды искали не ее саму, а продукты ее распада – электроны (или их антиподы в мире антиматерии позитроны) и нейтрино. Поскольку нейтрино пролетают через детекторы, не оставляя следа, ученые определяют их присутствие по потере энергии в столкновениях с другими частицами – вылета, нейтрино уносят энергию с собой.

До конца года команда ЦЕРНа зарегистрировала несколько столкновений, которые выглядели так, будто в них рождались W-частицы. Все необходимые проверки и сбор доказательств могли занять несколько месяцев. Поскольку приближалось Рождество, Хервиг Шоппер отправил поздравление Маргарет Тэтчер на Даунинг-стрит, 10. Напомнив премьер-министру об обещании связаться с ней, как только W- и Z-частицы будут обнаружены, он писал: “Мне хотелось бы к рождественским поздравлениям прибавить сообщение о том, что открытие действительно сделано, и, хотя неопровержимых доказательств еще нет, я тем не менее рад сообщить Вам строго конфиденциально, что недавно полученные результаты указывают на его неизбежность”. Он подписался, заверив Тэтчер, что свяжется с ней сразу же, как только “будут получены окончательные и неопровержимые доказательства”.

В январе следующего, 1983 года на конференции в Риме Дарьюла и Руббиа впервые представили свои последние результаты. Руббиа описал пять столкновений, похожих на рождение W-частицы, но подчеркнул, что результаты “очень предварительные”. Один слайд в докладе Руббиа был подписан так: “Si sono rose, fioriranno”, что означает: “Если это розы, они обязательно будут цвести”¹¹⁴. Дарьюла выступал после Руббиа. Он также был весьма

¹¹³ Письмо из архива ЦЕРНа от 20 декабря 1982 года, копия направлена сэру Алеку Моррисону, президенту Совета ЦЕРНа.

¹¹⁴ См.: Krige, 2001.

осторожным и выделил четыре столкновения, которые, казалось, демонстрируют рождение W-частиц. Так случилось, что Леон Ледерман должен был выступить на этой конференции с заключительным словом. Открытие W- и Z-частиц кажется неизбежным, сказал он, но призвал своих коллег-физиков развивать в себе здоровый скептицизм до тех пор, пока результаты не станут более убедительными¹¹⁵.

Через неделю Руббиа и физик из команды Дюрьюла по имени Луиджи ди Лелла докладывали результаты, полученные обеими командами, перед учеными ЦЕРНа в аудитории центра. Руббиа выступал в первый день. Он подчеркнул, что решающее значение для соревнующихся команд имеет согласованность их действий на пути к важнейшему открытию. Ди Лелла выступил на следующий день. Он сказал, что его команде еще необходимо подтвердить их результаты, прежде чем можно было бы с уверенностью утверждать, что открытие сделано. Сразу после выступления ди Лелла Руббиа созвал свою команду. Он считал, что пришло время публиковаться. Руббиа вытащил черновик статьи с описанием данных, полученных к тому времени, и сказал, что любой, кто хочет внести изменения, должен сделать это до конца дня. В статье не утверждалось, что W-частицы обнаружены, но были представлены имевшиеся к тому времени свидетельства их рождения. Рукопись передали в редакцию "Physics Letters", работавшую тут же, в ЦЕРНе.

Следующий день был суббота, но в ЦЕРНе жизнь кипела как обычно. Утром Карло Руббиа по пути в столовую столкнулся с ди Лелла, и они немножко поболтали. Руббиа сказал, что обе команды должны помнить о риске, на который идут, публикуя результаты раньше времени. "Если вы хотите опубликовать сейчас – ваше дело, но если зарегистрированные события не рождение W-частиц, а что-то еще, ваша карьера на этом и закончится", – предупредил он. "Нет, мой Бог, нет! – воскликнул ди Лелла. – Мы же не сумасшедшие, спешить не будем. Мы обязательно все как следует обдумаем". А статья Руббиа тем временем была уже на столе рецензента.

В понедельник утром Руббиа получил известие, что публикация статьи одобрена. Сразу же один из членов его команды вылетел в Амстердам со статьей, чтобы передать ее в руки издателя. Хервиг Шоппер тогда был в командировке в Японии, там он и получил телекс, в котором сообщалось, что статья принята. Он тут же отправил факс Маргарет Тэтчер, в котором говорилось, что W-частицы обнаружены, и полетел обратно в ЦЕРН. На следующий день Шоппер созвал пресс-конференцию с Руббиа и ван дер Меером с одной стороны и Дарьюла с другой. В пресс-релизе, выпущенном в тот же день, сообщалось, что в статье Руббиа подтверждено открытие W-частиц. На следующий день эта новость украсила первую страницу газеты "New-York Times". Статья Дарьюла была опубликована через три недели после статьи Руббиа.

Описывая эту гонку в 2004 году, Дарьюла сказал, что у него нет никакой обиды на коллег, и похвалил осторожность, проявленную его командой. "Я горжусь тем, что мы сопротивлялись оказываемому на нас давлению, направленному на то, чтобы мы публиковали данные быстрее, чем считали правильным. Уступить было бы глупостью и ребячеством, проявлением неуважения к науке. ...Мы должны были не просто предположить, что обнаружили W-частицы, но вести себя так, как будто никто, кроме нас, их не искал".

Летом 1983 года, через шесть месяцев после открытия W-частиц, ЦЕРН объявил, что команда Руббиа обнаружила также и Z-частицу, характерной чертой которой был ее распад на электрон и позитрон, разлетавшиеся друг от друга с огромной скоростью. Команда Дарьюла спустя некоторое время опять подтвердила открытие Руббиа. Поиски завершились

¹¹⁵ О поиске W- и Z-частиц см.: Christine Sutton at Cern and Peter Zerwas at the German laboratory. The W and Z at LEP. Cern Courier. May 2004: Pierre Darriulat. The W and Z particles: a personal recollection. Cern Courier, April 2004.

впечатляющим хет-триком¹¹⁶ ЦЕРНа, и последние сомнения относительно того, что ЦЕРН – основной игрок на мировой арене, развеялись.

Открытие W- и Z-частиц – именно то доказательство, которое было необходимо физикам, чтобы окончательно поверить в теорию электрослабых взаимодействий. Оно же было и мощным доказательством правильности теории Хиггса – ведь теория электрослабых сил для физиков имеет смысл, только если механизм Хиггса или что-то очень похожее на него существует в реальности.

В перерыве между обнаружением нейтральных токов и получением первых треков W- и Z-частиц теоретики ЦЕРНа сделали первое подробное описание того, как частица Хиггса должна выглядеть, если она вдруг появится в коллайдере¹¹⁷. Пользуясь своим физическим языком, они рассказывали о ней на сорока восьми страницах – оставили некий эквивалент полицейского фоторобота. Вместо описания черт лица преступника в статье объяснялось, как частицы Хиггса могут возникать при столкновениях, в какие частицы они могут превращаться и каковы шансы их увидеть на разных установках. И наконец, теоретики прикинули, как долго эти частицы жили бы после рождения. Полученное значение находилось в интервале от 600 пикосекунд до 10 фемтосекунд (10^{-14} с).

Статья, написанная сотрудниками ЦЕРНа Джоном Эллисом, Мэри Гайар и Димитрием Нанопулосом, начиналась с предупреждения: “Ситуация с о зонами Хиггса неопределенная. Следует подчеркнуть прежде всего, что они, и это очень вероятно, не существуют в природе”. Авторы закончили статью извинениями перед экспериментаторами, работающими на коллайдере, – они признавались, что у них нет никаких идей, как рассчитать массу бозона Хиггса. Анализируя общие технические трудности поиска частицы Хиггса, Эллис, Гайар и Нанопулос делали вывод: “По этим причинам мы не призываем ставить трудоемкие эксперименты по поискам бозона Хиггса, но считаем, что ученые, ставящие эксперимент, в котором он может появиться, должны знать, как он может выглядеть”. Статья была более чем осторожная, но она дала ученым первый ориентир в охоте на частицы Хиггса.

Серия открытий, сделанных в ЦЕРНе, оказала глубокое воздействие на развитие физики элементарных частиц в Америке. Весть о том, что европейские ученые обнаружили Z-частицы, пришла за несколько дней до важнейшего совещания Консультативной комиссии по физике высоких энергий США (Нерар), планирующей выделение средств на установки для исследований. Новости из Европы заставили членов комиссии насторожиться. Американские физики теряли почву под ногами, и им была необходима сильная встряска. Джордж Киворт, физик из Лос-Аламоса, который стал научным советником Рональда Рейгана после его избрания в 1980 году, сказал, что мировое лидерство Америки в физике высоких энергий приходит к концу. В последние годы американские физики довольствовались правительственными подачками, а европейцы в это время смело двигались вперед”, – признал он¹¹⁸.

Настроение было подогрето передовицей в “New York Times”, опубликованной в июне 1983 года, на второй день встречи физиков в Вудс-Хоуле, штат Массачусетс. Заголовок был убийственный: “ЕВРОПА – 3, США – ДАЖЕ НЕ Z-НОЛЬ”. Поздравляя ЦЕРН с безусловным подтверждением теории объединения электромагнитных и слабых взаимодействий¹¹⁹, Киворт продолжал: “Плохие новости состоят в том, что европейцы стали

¹¹⁶ Хет-трик – в хоккее и футболе три гола, забитые одним игроком.

¹¹⁷ J. Ellis, M.K. Gaillard and D.V. Nanopoulos. A phenomenological profile of the Higgs boson. Nuclear Physics B. Vol. 106,197. P. 292-340.

¹¹⁸ Technology Review. Vol. 86 (1983).

¹¹⁹ New York Times. 6 июня 1983 г.

лидерами в гонке по поиску строительных блоков материи”. Автор передовицы признал, что “национальность открытия не имеет большого значения в физике”, поскольку американцы тоже работают в ЦЕРНе и других европейских лабораториях, но подчеркнул важность конкуренции в процессе познания. Американские ускорители должны быть построены так, чтобы выиграть соревнование, иначе лучше их не строить вообще. Три мяча, забитые Европой, – это были открытия W- и Z-частиц в ЦЕРНе и открытие на немецком ускорителе глюонов (так метко назвали частицы, склеивающие кварки внутри протонов и нейтронов). Статья заканчивалась так: разгромный счет в соревновании с Европой призывает США к “серьезному реваншу”.

Через месяц комиссия Нерар опубликовала свои рекомендации. “Изабель”, Брукхейвенский ускоритель стоимостью 500 миллионов долларов, закрывался. Американским физикам был необходим такой ускоритель, который бы придал мощный импульс в гонке за частицами, превзошел ЦЕРН в мощности и лидировал в этой области в течение следующих десятилетий. Ускоритель планировали назвать Сверхпроводящим суперколлайдером. В нем будут сталкиваться встречные пучки с ошеломляющими энергиями 40 ТэВ, что примерно в 400 раз больше, чем изначально планировалось в следующем коллайдере ЦЕРНа, который все еще находился в стадии проектирования. Цель этой удивительной новой машины – обнаружение частицы Хиггса и добыча долгожданного доказательства происхождения массы.

В статье о Сверхпроводящем суперколлайдере для американского журнала “Physics Today” Леон Ледерман и Шелдон Глэшоу предупреждали: если США не удастся построить установку, “потери понесет не только наша наука, мы все ощутим их в более широком смысле – пострадает наша национальная гордость, ослабнет уверенность в нашем технологическом превосходстве. Когда мы были детьми, Америка делала большую часть вещей лучше всех в мире. Так должно быть и впредь!”.

Глава 6

Конец Сверхпроводящего суперколлайдера

Элвин Трайвелпис, бывший партнер Леона Ледермана по покеру, стоял за дверьми Зала Кабинета в Западном крыле Белого дома, где проходят совещания министров США. В руках Трайвелпис держал огромный мольберт, на котором были закреплены большие, яркие рисунки¹²⁰. Формат и цвет были выбраны обдуманно – дело происходило темным, мрачным январским вечером 1987 года, а по слухам зрение у президента Рейгана было уже не тем, что раньше.

Директору Управления по энергетическим исследованиям Трайвелпису предоставили право на пятнадцатиминутую аудиенцию – за эти минуты он должен был уговорить президента и его министров одобрить строительство самого крупного и дорогостоящего коллайдера в мире. Сторонники проекта считали, что, если Белый дом поддержит их и ускоритель будет построен, это обеспечит США превосходство в физике высоких энергий на десятилетия вперед, причем на самом передовом ее крае. В противном случае лидерство американцев в познании тайн природы останется в прошлом – ученые других стран активно наступали им на пятки.

Название “Сверхпроводящий суперколлайдер” для многих звучало как вид дьявольского оружия, которое суперзлодей (суперзлодейка) из комиксов мог (могла) построить в своем логове и, угрожая им человечеству, требовать больших денег. На самом деле это был первый в мире ускоритель элементарных частиц, специально разработанный

¹²⁰ В основу этого рассказа легли два больших интервью, взятых мною у Трайвелписа, он же предоставил мне копии нескольких своих пространных лекций по истории Суперколлайдера.

для поисков бозонов Хиггса¹²¹. Позиционируя машину как “орудие охоты за частицами Хиггса”, физики негласно признавали, что эти неуловимые частицы стали наиболее важным и желанным призом в физике высоких энергий.

Суперколлайдер стал машиной мечты американских физиков, но на самом деле в поисках бозонов Хиггса они рассчитывали не только на него. В Фермилабе на ускорителе “Теватрон”, руководимом Ледерманом, где уже начали сталкивать протоны и антипротоны, появились некоторые шансы найти бозоны Хиггса раньше европейцев. “Теватрону” было суждено посоревноваться с Большим электрон-позитронным коллайдером (LEP) ЦЕРНа, который запустили через два года. Долгое время ускорители шли ноздря в ноздю. Но Сверхпроводящий суперколлайдер должен был обойти их обоих.

Трайвелпис заранее отправился на встречу – опаздывать к президенту не полагается. По дороге он встретил Уильяма Мартина, заместителя министра энергетики. Мартин без излишних реверансов напомнил ему, как много времени и денег было потрачено на организацию этой аудиенции в верхах а потом добавил, что все друзья и коллеги Элвина верят, что он убедит президента в необходимости нового ускорителя. Уходя, Мартин сказал: “Только не надо нервничать”. До этого момента Трайвелпис был совершенно спокоен, а тут вдруг заволновался.

Войдя в Зал Кабинета, Трайвелпис разложил бумаги на столе. Комната тем временем начала заполняться. Когда приехал президент Рейган, Трайвелпис воспользовался возможностью и сфотографировал его, а затем приступил к презентации. Он был достаточно наслышан о том, как принимаются решения вашингтонскими властями, а потому не стал докучать собравшимся политикам сухой лекцией по физике элементарных частиц. Чтобы получить высочайшее одобрение на строительство Сверхпроводящего суперколлайдера, он превратил доклад в игру и обратился к образам, которые, как он надеялся, будут более понятны членам кабинета, – к ружьям и стогам сена.

Обсуждение началось достаточно традиционно. У Трайвелписа были заготовлены рисунки маленьких шаров, изображавших субатомные частицы, сталкивающиеся на огромных скоростях. Он показал и рисунки, на которых схематически было показано строение атома. Трайвелпис объяснил, что, только когда были построены достаточно мощные ускорители, ученые смогли заглянуть в глубь атома, и там они нашли размазанный по пространству электрон, много пустого пространства и твердое центральное ядро, само состоящее из протонов и нейтронов, каждый из которых построен из кварков.

Притом что уже очень многое известно, говорил он, есть еще масса нерешенных проблем. Одна из них состоит в том, что никто не знает наверняка, по какой причине фундаментальные частицы имеют массу. Ее происхождение, как полагают физики, связано с бозоном Хиггса, однако теория эта еще не получила экспериментального подтверждения.

И наконец Трайвелпис вытащил последний лист из своей папки. Он был пустым. “Время от времени вам приходится читать секретные документы, в которых одна страница умышленно оставлена пустой, – сказал он аудитории. – Я хочу, чтобы вы попытались представить, что это не пустая страница, а стог сена. Где-то внутри лежит куча бильярдных шаров”. Президент и его советники напрягли свое воображение, представляя картину. А Трайвелпис продолжал: “Как вы узнаете, где находятся бильярдные шары, не разворошив стог сена? Как вы узнаете, какого размера эти шары?” На лицах сидевших в зале ничего не отразилось.

Тогда Трайвелпис объяснил: можно было бы прицелиться из пневматического ружья и выстрелить в стог, но пулька наверняка застрянет в сене и не долетит до шаров. “А что, если вы зарядите винтовку, отступите и станете методично расстреливать стог скоростными пулями, каждый раз сдвигаясь примерно на полдюйма от предыдущей цели?” Не которые

¹²¹ Более подробно о Суперколлайдере и проблеме происхождения массы см. в статье.: J. David Jackson, Maury Tigner and Stanley Wojcicki. The Superconducting Supercollider. Scientific American, 1986.

пули пройдут насквозь, в то время как другие отскочат от шаров. Собрав информацию о том, куда пули вошли и откуда вышли, легко определить размеры шаров и места, где они спрятаны. Это и есть примерно то, чем физики занимаются на ускорителях частиц, заметил Трайвелпис.

Затем он показал снимок Фермилаба, в котором расположен ледермановский “Теватрон”, заметив что он находится в штате Иллинойс, но не в пятидесяти милях к западу от Чикаго, как думает большинство, а в пятидесяти милях к востоку от Диксона, где родился президент. Рейган улыбнулся, а остальные усмехнулись.

Сверхпроводящий суперколлайдер мог бы стать самым мощным в мире инструментом в руках физиков, изучающих элементарные частицы, – мощнее, чем способно построить в ближайшие десятилетия любое другое государство, и с помощью этой удивительной машины ученые заглянули бы в глубь атома. Ускоритель был специально разработан для поисков бозона Хиггса, но почти наверняка в процессе работы ученые открыли бы новые, еще никому не известные явления. В то время сметная стоимость строительства суперколлайдера составляла уже 4,4 млрд долларов. По оценке Трайвелписа, это означало, что он должен был в каждую минуту своей презентации в Зале Кабинета зарабатывать более 300 млн долларов.

Министры углубились в споры об ускорителе. Кто-то приводил доводы против строительства, кто то – за. Американская физика элементарных частиц в упадке, и эта машина, конечно, могла бы ее спасти. Но ведь страна обременена огромным дефицитом бюджета, а суммы на кону стоят огромные...

По правую руку от президента Рейгана сидел Джеймс Миллер, глава бюджетного управления. Подумав, он обратился к своему боссу: “Если вы утвердите этот план, вы осчастливите всего лишь нескольких физиков”. На что Рейган ему ответил, что он, вероятно, обязан сделать их счастливыми, искупив вину за то, что своего преподавателя физики в школе он сделал глубоко несчастным.

Министры по очереди высказывали свое мнение. Наконец все взгляды остановились на президенте. В зале стало тихо. Рейган полез в карман, вытащил карточку и начал читать написанный на ней текст: “Я бы скорее стал пеплом, чем пылью, я предпочел бы, чтобы моя искра догорела, ярко вспыхнув, а не превратилась в сухую гнилушку. Я предпочел бы быть раскаленным метеором, каждый атом которого излучает яркий свет, а не сонной, но прочной планетой”.

Президент пояснил, что это цитата из фантастического романа американского писателя Джека Лондона, которая когда-то была прочитана Кенни Стеблеру по кличке Снейк (Змея). Стеблер был блестящим тренером футбольной команды “Oakland Raiders”, хоть и пользовался дурной славой. Как-то Стеблера спросили, что, по его мнению, этот отрывок может означать. “Дальний бросок”, – ответил он, имея в виду очень рискованную, но любимую тренерами стратегию введения своих команд в зону защиты противника. Чтением этого отрывка президент Рейган дал понять, что он намерен оказать поддержку необыкновенной машине. Весь обратный путь в свой кабинет Трайвелпис пребывал в эйфории. Презентация просто не могла пройти более удачно.

На следующий день Трайвелпис, как всегда, трудился в своем кабинете. Вдруг зазвонил телефон Трайвелпис поднял телефонную трубку. Это был Джон Херрингтон, министр энергетики, который готовился к поездке в Швейцарию. Рейган подтвердил, что он поддерживает строительство Суперколлайдера, и Херрингтон поспешил сообщить новость, но, прежде чем во всеуслышание объявить об этом, он хотел бы узнать, из какой именно книги Джека Лондона взята цитата.

В течение нескольких минут все, кто был в офисе, были брошены на решение этой задачи – узнать, где у американского классика встречается этот текст. Трайвелпис послал людей, чтобы те поискали цитату в Принстонской библиотеке поэзии и Хантингтонской библиотеке Сан-Марино, расположенной в штате Калифорния, в которой хранятся основные собрания рукописей Джека Лондона. Он позвонил спичрайтерам президента Рейгана, но и

они не знали, откуда Рейган взял отрывок. Тогда Трайвелпис вспомнил, что Кенни Стеблер выпустил свои воспоминания в прошлом, 1986 году. Он достал книгу, которая называлась “Снейк: подвиги сумасбродного футбольного бунтаря на поле и вне”, и изучил каждую страницу книги, но так и не смог найти цитату. “Наконец я отложил книгу и вдруг увидел эту чертову цитату в предисловии”, – рассказывал потом Трайвелпис. Там было сказано, что текст зачитал Стеблеру Джек Смит, в прошлом колумнист газеты “Los Angeles Times”.

Однако кое-что не сходилось. Цитата из Джека Лондона в книге не совсем соответствовала той, что привел президент. Стеблер пропустил первое предложение, но добавил еще три в конце: “Истинное назначение человека – жить, а не существовать. Я не буду тратить дни на попытки продлить мою жизнь. Я использую лишь то время, что мне дано”.

На несчастного Кенни Стеблера обрушился шквал звонков с вопросами, но он был не в состоянии ответить на них. Слова “Дальний бросок”, добавил он, преследовали его всюду, их скандировали его футбольные фанаты. Затем Трайвелпис позвонил Джеку Смигу. “Вся эта история стоила мне жены и печени”, – сказал Смит, предположив, что он, скорее всего, не сможет полностью восстановить в памяти события тех дней, как на то надеялся Трайвелпис. Прежде чем повесить трубку, Смит сказал, что есть нечто, что Трайвелпис должен знать. Смит полагал, что цитата фактически является Коммунистическим манифестом Джека Лондона, и предупредил, что лучше, пожалуй, этого президенту не говорить.

В разгар суеты помощнице Трайвелписа Гретхен Сейлер позвонил муж. Она ответила ему, что не может с ним разговаривать, поскольку страшно занята – все вокруг пытаются найти, откуда взята цитата. Гретхен в отчаянии прочитала ее мужу, и тот тут же вспомнил, что листок с этим текстом висит на доске объявлений в его офисе!

Вскоре Трайвелпис получил полный текст отрывка. Он был адресован активистке австралийского женского движения и напечатан в одной из газет Сан-Франциско. Это продвинуло расследование, но все же они еще не могли дать Херрингтон надежную ссылку. И тогда раздраженный донельзя создавшейся ситуацией Трайвелпис написал письмо самому Рейгану, спрашивая его, откуда тот взял цитату. Ответ, по словам Трайвелписа, был “не очень приятным”. “Он подумал, что я усомнился в том, что он процитировал Лондона правильно, но я просто хотел знать, откуда взят текст и чем он так понравился президенту”. Однако Рейган в своем письме ничего не сказал об источнике. “Так я никогда и не узнал ответа”, – сказал Трайвелпис.

Оказалось, что Херрингтон хотел получить точную ссылку для того, чтобы передать материал Джорджу Уиллу, журналисту “Washington Post”, который писал статью про знаменательное совещание в Белом доме. На следующий день статья вышла под названием “Джиппер совершает дальний бросок”. Джиппер – прозвище Рейгана, которое он приобрел, сыграв Джорджа Джиппа “Джиппера” в фильме 1940 года “Кнут Рокне, стопроцентный американец” о легендарном тренере футбольной команды “Нотр-Дам”.

Вернувшись в Эдинбург, Питер Хиггс сменил тематику своей работы, кроме того, он много времени посвящал работе с аспирантами. И с интересом наблюдал, как разворачиваются события вокруг Суперколлайдера. “Думаю, бедный старый Рейган совершенно запутался и решил, что ускоритель поможет ему “пострелять коммунык”, особенно если учесть, что его советником по науке был бывший босс из Лос-Аламоса”, – говорил он позже.

30 января 1987 года решение президента Рейгана о строительстве Суперколлайдера было обнародовано. В сопроводительном заявлении Государственный секретарь Херрингтон описал эту машину так: “ускоритель элементарных частиц, по форме напоминающий дорожку на ипподроме”, который будет построен под землей в туннеле длиной 52 мили, что в четыре раза больше длины туннеля, вырытого под Лондоном для кольцевой линии лондонской подземки. Первый ускоритель, построенный Эрнестом Лоуренсом более пятидесяти лет назад, был не больше обувной коробки.

Заявление Херрингтона было очень эмоциональным¹²². В нем говорилось, что решение президента имеет “огромное историческое значение и далеко идущие последствия. Американский народ вновь доказал, что для него нет мечты слишком смелой, нет идей фантастических и нет препятствий, которые он не мог бы преодолеть... Для физики высоких энергий строительство Сверхпроводящего суперколлайдера может сравниться с высадкой человека на Луне”.

Касаясь бюджета, Херрингтон ясно дал понять, что правительство будет всячески приветствовать инвестиции из других стран – это поможет сделать гигантский коллайдер реальностью. По масштабу и амбициям проект был сравним с другими крупными проектами президента Рейгана, в том числе с планом стратегической оборонной инициативы (известным также как “Звездные войны или СОИ), в котором он надеялся с помощью космических лазеров раскинуть защитный щит над всей Северной Америкой. Как и в проекте “Звездных войн”, в проекте Суперколлайдера чувствовался не только запах денег, но и немалое высокомерие.

Надо сказать, что идея Суперколлайдера возникла гораздо раньше, когда в 1983 году американские физики были вынуждены искать способ “серьезно отомстить” Европе. В 1950-х годах Роберт Уилсон, бывший директор Фермилаба, мечтал об огромном коллайдере частиц, слишком дорогостоящем и неподъемном для одной страны. “Международная лаборатория” Уилсона была дальновидным планом, своего рода суперЦЕРНОм, которому предстояло стать общемировым центром для ученых, работающих в физике элементарных частиц¹²³.

После Второй мировой войны образование такой коллаборации, глобального сотрудничества, казалось весьма радикальной идеей – для ее осуществления требовался другой уровень отношений между США и СССР. В 1959 году по итогам переговоров между главой Советского Союза Никитой Сергеевичем Хрущевым и президентом Дуайтом Д. Эйзенхауэром руководители соответствующих государственных атомных энергетических организаций подписали соглашение, которое открыло возможность регулярных обменов учеными и обозначило цель – создание совместными усилиями гигантского ускорителя частиц. Шесть месяцев спустя Уилсон вместе с делегацией американских физиков отправился в Советский Союз с явным намерением обсудить вопросы строительства нового ускорителя. Однако неблагоприятные политические события скоро свели на нет все усилия физиков. 1 мая 1960 года на территории России, над Уралом, был сбит самолет-разведчик U-2, пилотируемый американским пилотом Фрэнсисом Гэри Пауэрсом. Перед этим Эйзенхауэр получил от ЦРУ гарантии того, что на высоте 70 000 футов U-2 будет в безопасности – вне досягаемости советских ракет ПВО. Кроме того, пилоты самолетов-разведчиков снабжались таблетками с ядом, и у них был приказ – в случае чрезвычайной ситуации перевести самолет в режим самоуничтожения. При этом самолет уничтожался вместе со сложнейшей камерой и всеми сделанными с ее помощью снимками.

В случае с Пауэрсом администрация Эйзенхауэра сделала ставку на легенду прикрытия и объявила, что из-за погоды и поломок самолет сбил с пути и залетел в воздушное пространство СССР случайно. Правда всплыла несколько дней спустя, когда Хрущев показал кадры “обломков” самолета, который почти не пострадал, а пилот оказался живехоньким и здоровым. Напряженность в отношениях между противниками в холодной войне вышла на новый уровень. Советские физики, с которыми Уилсон и члены его делегации пытались завязать отношения, в то время вряд ли могли осмелиться и пойти хоть на какие-то контакты с американцами.

За инцидентом с U-2 быстро последовал Карибский кризис, который поставил Америку

¹²² White House, DOE announce support for CCK. Ferminews, the Fermilab in-house journal, 13 February 1987.

¹²³ Fermilab: Physics, the Frontier and Megascience. University of Chicago Press, 2008.

и Советский Союз на грань ядерной войны. Но, несмотря на крупные политические потрясения, случившиеся в 1960-1970-х годах, небольшие группы ученых из Америки, СССР и ЦЕРНа продолжали строить планы по совместному строительству Международного ускорителя Уилсона. Когда президенты и премьеры успокоились, Уилсон решил, что главная цель проекта – залечить раны холодной войны и превратить подозрения и скрытность в доверие и сотрудничество. “Так или иначе, – вспоминал он, – в ходе строительства Всемирной лаборатории и совместной работы мы могли бы изучать не только законы природы, но также и некие составляющие мирного сосуществования народов Земли”.

Машина тогда уже начала складываться в умах физиков, но продвигалось все микроскопическими шагами. Леон Ледерман официально дал ей новое имя – “Очень Большой Ускоритель” (VBA), и инженеры начали рассматривать проекты, в которых протоны планировалось разогнать до энергий от 10 до 20 ТэВ. Однако к концу 1970-х годов мечта Уилсона слегка увяла. К этому моменту многие уже потеряли терпение и стали строить свои собственные ускорители или активно инвестировать в ЦЕРН.

Выборы президента Рейгана в 1980 году вернули проект VBA к жизни, правда в новом варианте. Советником Рейгана по науке был Джордж Киворт, выходец из верхних эшелонов Лос-Аламосской лаборатории и протее Эдварда Теллера – человека, создавшего водородную бомбу для президента Гарри Трумэна и убедившего Рейгана одобрить создание стратегической оборонной инициативы. В 41 год Киворт был молод, решителен и убежден в настоятельной необходимости возрождения американской науки. Он жаждал больших, захватывающих проектов вроде того, что предложил Уилсон, – дабы, как он говорил, избавиться от статуса профессиональной посредственности.

Леон Ледерман был из тех людей, которые используют все предоставленные судьбой шансы. В 1982 году он призвал своих коллег – физиков вернуться к проекту Американского ускорителя, названного теперь “Дизертроном” (Desertron), конструкция которого весьма напоминала конструкцию VBA. В то время Ледерман оценивал стоимость строительства ускорителя в 750 млн долларов. Основная задача “Дизертрона” состояла в охоте на бозон Хиггса, но, кроме того, он должен был развивать достаточную мощность, чтобы изучать законы природы при таких огромных энергиях, которых не было с момента Большого взрыва.

Стимулом для строительства “Дизертрона”, конечно, были успехи европейских физиков. Ведь обидно, что именно европейцы получили Нобелевские премии за открытие W-, Z-бозонов и глюонов. Добавило тревоги американцам и выступление Хервига Шоппера, генерального директора ЦЕРНа, сделанное им в начале того же 1982 года во время поездки в Японию. Шоппер обнародовал амбициозные планы лаборатории, из которых стало ясно, что Европа не собирается отказываться от своего с трудом завоеванного места на вершине физической иерархии.

В ЦЕРНе меж тем инженеры-строители готовились рыть туннель для нового ускорителя – Большого электрон-позитронного коллайдера (LEP), который на то время должен был стать крупнейшим строительным объектом в Европе. Уже было завезено специальное оборудование. Концепция LEP представляла собой уход от принципа, на котором работали предыдущие, протонные, ускорители ЦЕРНа, – в нем должны были сталкиваться не протоны, а электроны и их антиподы позитроны. В этом заключались определенные преимущества по сравнению с протонным коллайдером. Наиболее важное из них – то, что столкновения должны быть “чище”, а значит, легче обнаружить признаки вновь образованных частиц на фоне кучи осколков. Действительно, при столкновениях протонов, сложных частиц, состоящих из кварков и глюонов, образуется гораздо больше осколков, которые труднее идентифицировать.

Ускоритель LEP был сконструирован для изучения поведения W- и Z-частиц, но, если бы удалось увеличить энергию каждого пучка с 50 ГэВ до более чем 100 ГэВ, он стал бы первой машиной, где можно было бы организовать серьезную охоту на бозон Хиггса. Поэтому, когда LEP еще только строился, в ЦЕРНе уже начали думать над его серьезным

обновлением. После окончания жизни этого ускорителя, который первоначально намечали закрыть в конце 1990-х, планировалось удалить его из 17-мильного подземного туннеля и заменить другим, более мощным. Предполагалось, что новый ускоритель, окруженный более чем тысячью мощных сверхпроводящих магнитов, сможет разогнать два пучка частиц до 7000 ГэВ каждый, или до скоростей, составляющих 99,999999% скорости света. Обновленному ускорителю дали название Большой адронный коллайдер (ЛHC). Слово “адрон” происходит от греческого *hadros*, что означает “крепкий”. Адронами называют частицы, состоящие из кварков (например, протоны).

Когда летом 1983 года американские ученые, специалисты по элементарным частицам, собрались на совещание консультативной комиссии по физике высоких энергий (Нерар), чтобы спланировать свое будущее, концепция ускорителя “Дизертрон” была готова и ждала своего решения. Машину быстро переименовали в Сверхпроводящий суперколлайдер, что звучало гораздо внушительнее. Ученые задумали соорудить гигантский ускоритель-монстр, где пучки частиц будут ускоряться до 20 000 ГэВ, – таким образом, он станет более чем в два раза мощнее ЛHC, даже если тот усовершенствуют. Настоятельно рекомендуя этот проект правительству, физики утверждали, что его можно построить менее чем за 2 млрд долларов, а эксплуатировать – в течение двенадцати лет. В результате другие предложения по строительству новых коллайдеров были сняты с рассмотрения. Если бы все пошло по плану, машина эта не только переплюнула бы БАК, но и сделала бы европейский ускоритель устаревшим еще до ввода того в строй. Однако в случае провала американские физики рисковали безнадежно отстать от Европы.

Сверхпроводящий суперколлайдер (SSC) сразу же вызвал споры и разногласия. Обнародование плана совпало с призывом администрации Рейгана “вернуть лидерство” в области физики высоких энергий. Это заявление было воспринято многими физиками за пределами Америки как провокационное. Руководство ЦЕРНа выразило недовольство позиционированием проекта как откровенно национального – это убивало надежды на скоординированные действия мирового сообщества. Математики, в свою очередь, заявили, что пытаясь найти частицу Хиггса или нечто ее заменяющее, физики должны научиться получать частицы с массой около 1000 ГэВ, а для решения такой задачи на строительство SSC потребуются огромные суммы государственных денег, которые могли бы быть потрачены с большей пользой в других областях науки. Лидеры ЦЕРНа, в свою очередь, хотели, чтобы суперускоритель строился на их территории, а в Соединенных Штатах предлагали соорудить большой дополнительный линейный электрон-позитронный коллайдер. Европейцы утверждали, что в ЦЕРНе ЛHC можно построить за одну пятую часть стоимости SSC – не в последнюю очередь потому, что туннель для него уже существовал.

Международные протесты пришли и из мест более отдаленных, чем ЦЕРН. Страны, вовлеченные в разработку проекта Уилсона и Ледермана, обиделись, что десятилетняя работа над машиной VBA растворилась в проекте SSC, а цели извратились, и теперь выходило, что главное – восстановление престижа США как мирового лидера в физике элементарных частиц.

Выступая перед Комитетом по науке и технологии палаты представителей в феврале 1985 года, советник по науке президента Рейгана Джордж Киворт сказал: “Страны или группы стран, которые у дут строить SSC, образуют новый международный исследовательский центр в области физики высоких энергий. И не скрою – я уверен, что, если SSC будет построен в другой стране, это станет серьезным ударом по американскому научному лидерству”.

А между тем в ЦЕРНе Карло Руббиа получил задание – претворить проект ЛHC в жизнь. Руббиа, тот самый Руббиа, который вместе с Симоном ван дер Меером (инженером, специалистом по ускорителям) был удостоен Нобелевской премии по физике в 1984 году за открытие W- и Z-частиц, был назначен главой нового комитета по планированию будущей лаборатории. Всего через несколько недель после того, как Киворт произнес свою речь, подчеркнув, как важно, чтобы SSC был построен в США, Руббиа вылетел в Японию. Там он

сообщил японским физикам: ЦЕРН может построить ЛНС уже к 1992 году, причем бюджет строительства составит всего 250 млн долларов.

Этот поступок, как говорили некоторые, был характерен для Руббиа. Японские физики, а затем, глядя на них, и ученые из других стран решили принять участие в европейском проекте. Во-первых, их прельщала перспектива участвовать на равных в сложнейших экспериментах на коллайдере, а во-вторых, они надеялись сделать важные открытия еще до того, как SSC будет построен и заработает. Ледерман, услышав про тактику Руббиа, только улыбнулся. Утверждения руководителей ЦЕРНа о том, что ЛНС можно построить всего за 250 млн долларов, он на звал, мягко говоря, странными¹²⁴. Наверное, заявил он, Руббиа делал свои расчеты в ценах 1940 года.

Вскоре американские физики элементарных частиц столкнулись с критикой ближе к дому – со стороны исследователей из других научных центров США. Министерство энергетики обещало, что строительство SSC будет осуществляться на “целевые деньги” и за счет инвестиций из других стран. Но вскоре после объявления о принятии проекта Суперколлайдера, для его строительства забрали 18 мldо долларов у обреченного на закрытие коллайдера “Изабель” Брукхейвенской национальной лаборатории. Ученые, работавшие в других областях опасались, что финансирование их исследований также будет урезано, а деньги пойдут на флагман американской науки.

SSC был крупнейшим в мире чисто научным проектом, и потому он неизбежно столкнулся с серьезными препятствиями, причем его продвижение оказалось не единственной трудностью. Возникали разногласия по поводу возможностей машины и конструкции мощных сверхпроводящих магнитов, имевших решающее значение для ее работы. Хотя ни одна из возникавших проблем не казалась непреодолимой, периодические пересмотры стоимости проекта приводили к тому, что она неуклонно возрастала. В то время, когда дефицит бюджета США лег тяжелым бременем на плечи членов конгресса, стремительно растущая стоимость SSC бросала зловещую тень на будущее всего проекта.

В течение нескольких месяцев после того, как президент Рейган официально одобрил строительство нового ускорителя, его знаменитые сторонники выступали на слушаниях, проводимых в подкомитетах палаты представителей. Одним из главных критиков проекта был нобелевский лауреат Филипп Андерсон из Принстонского университета, работавший в области сверхпроводимости и магнитных свойств материалов. Примерно за год до того, как Питер Хиггс и другие ученые опубликовали теорию приобретения субатомными частицами массы в полном виде, Андерсон предложил свой механизм, очень похожий на механизм Хиггса. Андерсон уже не первый раз протестовал против больших государственных инвестиций в исследования по физике высоких энергий. Когда ученые, работавшие в этой области, заявляли, что их исследования направлены на решение самых фундаментальных задач науки, Андерсон отвечал, что исследования Алана Тьюринга в области компьютерных наук или Джеймса Уотсона и Фрэнсиса Крика по расшифровке структуры ДНК не менее фундаментальны.

Другим важным оппонентом Суперколлайдера был Джеймс Крамхансл, уважаемый ученый в области материаловедения из Корнеллского университета¹²⁵. Мнение Крамхансла в то время имело особый вес, поскольку он должен был стать следующим председателем Американского физического общества – общенациональной организации, в которой представлены все направления физики. Крамхансл утверждал, что Суперколлайдер нанесет вред, отсасывая деньги от других перспективных исследований, где тоже могли быть

¹²⁴ Мысли Ледермана по поводу лукавства Руббиа при обсуждении проекта ЛНС – в статье: Gary Taubes. Collision over the Supercollider. Discover magazine, July 1985.

¹²⁵ См. комментарии, приписываемые Джеймсу П. Сегне. в некрологе Крамханслу (‘James Krumhansl, 84, Opponent of Supercollider’. New York Times, 22 May 2004.

сделаны открытия. Коллега Крамхансла Джеймс П. Сетна позже объяснил, что Крамхансл “высоко оценивал ту область науки, которую предполагалось развивать с помощью Суперколлайдера, но не в тысячу раз выше, чем другие области”.

Крамхансл, в частности, утверждал, что ускоритель неоправданно большой и дорогой, поскольку в нем использовались старые технологии. Говоря же о новых технологиях, он имел в виду открытые до дом ранее высокотемпературные сверхпроводящие материалы, не требовавшие таких низких температур, как обычные сверхпроводники, которые должны были постоянно купаться в жидком гелии. Используя новые материалы, утверждал Крамхансл, можно построить гораздо более мощные и дешевые магниты. Однако тот факт, что для превращения первого сверхпроводника в рабочий магнит для ускорителя потребовалось двадцать лет, нарочито замалчивался. “Несомненно, высокотемпературные сверхпроводники сэкономят нам миллиарды долларов на строительстве и эксплуатации такого ускорителя, как SSC, – писал Крамхансл. – Я нисколько не сомневаюсь, что они станут производиться через три-пять лет”¹²⁶. Некоторые конгрессмены утверждали к тому же, что, если будут использованы новые магниты, коллайдеру потребуется и в 100 раз меньше запланированной площади. Понятное дело – сторонники Суперколлайдера увидели в этих возражениях лишь желание потянуть время и заморозить проект до тех неблизких времен, когда новые материалы станут доступными.

Стивена Вайнберга, опубликовавшего в 1967 году работу по объединению электромагнетизма и слабого взаимодействия с помощью механизма Хиггса, тоже пригласили высказать свое мнение по поводу строительства уникального коллайдера. Идея выступить перед конгрессом ничуть его не привлекала – он знал, что будет вынужден согласиться с некоторыми аргументами Андерсона и Крамхансла. В своей книге 1993 года “Мечты об окончательной теории” Вайнберг вспоминал: “Все это время мне снились кошмары: вот я стою перед каким-то трибуналом, и строгий голос свыше спрашивает, почему нужно платить 4,4 млрд долларов, чтобы найти частицы Хиггса”. Возможно, деньги, потраченные на SSC, не так быстро привели бы к появлению новых устройств и технологий, как если бы их вложили в более прикладные области физики. Не был он уверен и в том, что проблемы, стоявшие перед физикой элементарных частиц, глубже и важнее проблем других областей науки. Но интуитивно Вайнберг чувствовал, что поиск основных строительных блоков природы и сил, действующих на них, – самая фундаментальная задача из всех.

Представ перед конгрессом, Вайнберг сказал, что физика элементарных частиц действительно приоткрывает нечто важное в глубинной природе Вселенной. Чем лучше мы понимаем законы природы, говорил он, тем более согласованными и универсальными они кажутся. “Мы начинаем подозревать, что это не случайность – не просто некая случайная проблема, которую мы выбрали для изучения в данный момент развития физики, – дело в том, что в законах, управляющих материей, есть простота и красота, и они отражают нечто, что встроено в логическую структуру Вселенной на очень глубоком уровне”.

Когда Вайнберг закончил, конгрессмен-республиканец Харрис Фауэлл поблагодарил его и других ученых за их комментарии, добавив, что хотел бы подвести итоги дебатов по вопросу строительства Суперколлайдера. Повернувшись к Вайнбергу, он спросил ученого: “Итак, вы подозреваете, что это все не случайно и что есть законы, которые управляют материей. Я это записал. Но скажите, а поможет ли это нам найти Бога? Я уверен, вы ничего подобного не говорили, но действительно ли ваш Суперколлайдер даст нам возможность понять Вселенную столь глубоко?” В этот момент Дон Риттер, другой республиканец, которому не нравился проект, вставил реплику: “Если ваша машина способна сделать это, я готов пересмотреть свое отношение к ней и поддержать ее строительство”.

Вайнберг промолчал. Было лучше, чтобы конгрессмены не услышали его мнения о шансах найти Бога с помощью Суперколлайдера, – если бы он все-таки решился и сказал,

¹²⁶ О прогнозе Крамхансла см. в: Physics Today Washington Reports. P. 50. August 1987.

что по сему поводу думает, проекту это вряд ли помогло.

Другим выдающимся физиком, дававшим показания в пользу Суперколлайдера, был Бертон Рихтер, директор Стэнфордского центра линейных ускорителей. После его выступления прозвучал вопрос, в чем-то вторивший сомнениям Харриса Фауэлла. Тим Валентина, демократ, представитель от Северной Каролины, интересовался, а так ли уж важно для человечества знать, каковы частицы, составляющие материю, и силы, которые на них действуют.

“Вы задаете нелегкие вопросы, – заметил Рихтер, а затем изложил свои соображения: – Мы бы узнали, как родилась Вселенная, как она развивалась, мы бы узнали, куда она эволюционирует и что с ней будет происходить в будущем. Мы бы узнали все, что нужно знать о нашем мире, и тогда гораздо лучше поняли, какое место в нем отведено человеку.

С точки зрения более практической, обладая такими знаниями, мы, очень вероятно, могли бы лучше контролировать процессы, происходящие в нашем мире. В прошлом, когда мы узнавали что-то новое, мы обретали способность этим управлять, производя как хорошие вещи, так и плохие. 150 лет назад мы узнали... об электричестве и магнетизме... благодаря чему появились электрические лампы, телевидение и многое другое, что мы имеем сегодня. И потому я с полной ответственностью утверждаю: поистине знание – сила”.

Слова Рихтера напомнили о том, как понимание структуры материи на самом глубоком уровне может дать, с одной стороны, новые технологии для развития и процветания общества, а с другой – страшное оружие, способное отбросить человечество далеко назад, к первобытному существованию. Немногие ученые сегодня открыто рассуждают о возможности управления полем Хиггса из-за огромной энергии, необходимой для этого, но те, что рискуют это сделать, предупреждают: такие манипуляции могут иметь непредсказуемые последствия. Если изменить поле Хиггса (что, безусловно, сделать нельзя, поскольку для этого нужно нагреть пространство до одного квадриллиона градусов Цельсия), большие кластеры материи, например люди или даже целые планеты, станут неустойчивыми, ведь составляющие их частицы потеряют массу и просто разлетятся во все стороны.

А между тем у Элвина Трайвелписа в Вашингтоне начались неприятности – его просто взяли за глотку, и все потому, что ученые, опираясь на поддержку президентом Рейганом проекта SSC, принялись придумывать всякие навороты, улучшавшие конструкцию машины, но при этом сильно поднимавшие стоимость ее строительства. И поток заявок “на разные бантики” не прекращался.

“Еще президентская подпись не высохла, а мне уже зазвонили физики – они говорили, что сейчас, когда решение принято, мы должны поставить более сложную диафрагму или улучшенный инжектор, – вспоминал Трайвелпис. – Я внушал конгрессменам: это группа очень опытных инженеров, они обязательно уложатся в бюджет и сроки, а они, эти опытные инженеры, вдруг заверещали, что цену нужно поднять до 5,5 млрд долларов, а потом и 6 млрд. Ну, мне тут же начали звонить сенаторы – ругаться, что, мол, я с самого начала врал им. Или физики обманывали меня, уговаривая поддержать проект. Все это превращалось в довольно противную историю”.

А потом встал вопрос о том, где строить ускоритель. И хотя споры по поводу того, имеет ли смысл вообще финансировать проект Суперколлайдера, разгорелись снова, Трайвелпис все-таки уговорил Роберта Уайта, президента Национальной инженерной академии, начать поиски подходящего участка для ускорителя. К тому времени, когда закончился срок приема заявок, в Министерство энергетики посту пило сорок три предложения от двадцати пяти штатов общим весом три тонны. Вайнберг был в отборочном комитете. “Посмотрите на эти горы, – сказал он во время моей с ним встречи в Университете Остина, штат Техас, слегка пиная ногами коробки, стоящие под столом. – Это все предложения по участкам для коллайдера. Я так и не решился их выбросить”. Они пролежали там более двадцати лет.

Штаты, участвовавшие в борьбе за ускоритель, справедливо полагали, что получение

права на строительство Суперколлайдера – их шанс на экономическое возрождение. В некоторых штатах положение было явно бедственным. Для победы в конкурсе нужны были твердая политическая поддержка, хорошие дороги и прочая инфраструктура, отсутствие риска наводнения или землетрясения и, самое главное, близость аэропорта, который бы позволил ученым летать туда-сюда. “Вот заявка из Невады, – говорит Вайнберг и цитирует: – “Наш участок находится всего лишь в получасе езды от аэропорта Рено”. Они имеют в виду полчаса по воздуху. Вы должны были бы прилететь в Рено, а затем нанять частный самолет. – Вайнберг закатывает глаза. – Шансы – нулевые. Просто смешно”.

Список заявок постепенно сократился до семи, остались только Аризона, Колорадо, Фермилаб в штате Иллинойс (где директором был Ледерман), Мичиган, Северная Каролина, Теннесси и Техас. Когда другие штаты услышали, что они выбыли из соревнования, их поддержка проекта резко ослабела.

Два предложения выделялись из общей массы. В Иллинойсе находился Фермилаб, где вовсю шла работа. Туда было удобно добираться, он удовлетворял всем требованиям, а штат лаборатории был укомплектован опытными учеными и инженерами. Другой штат-претендент – Техас, уже выделивший миллиард долларов на строительство, – предлагал высокий уровень местной поддержки, и, кроме того выделенный участок обладал благоприятными геологическими свойствами (располагался на меловом пласте, а мел легко поддается обработке).

10 ноября 1988 года был объявлен победитель. Им стал все-таки Техас – ускоритель решено было строить в местечке Эллис-Каунти. Ледерман созвал в Фермилабе заседание с участием всего персонала, чтобы сообщить пренеприятное известие, хотя многие уже слышали его по радио по дороге на работу. Настроение было мрачным. Строительство Суперколлайдера означало в конечном итоге смерть Фермилаба. Двумя днями ранее президентом Соединенных Штатов Америки был избран Джордж Буш-старший, тесно связанный с Техасом. Безусловно, было подозрение, что при принятии решения о месте строительства не обошлось без президентского вмешательства, но Вайнберг, например, и сейчас настаивает на том, что Техас был выбран не из политических соображений.

Президент Буш активно поддерживал Суперколлайдер и более того – призвал другие страны взять на себя долю расходов. К этому времени Карло Руббиа стал уже генеральным директором ЦЕРНа и всячески пытался привлечь Америку для участия в строительстве LHC в обмен на помощь Европы в строительстве SSC. Эти разговоры ничем не кончились. Киворт сказал, что направлять средства на строительство и LHC и SSC страна себе не может позволить.

в 1991 году наконец приступили к строительству Суперколлайдера. Начался монтаж магнитов и испытательных лабораторий, а также сооружение помещений для огромных холодильных установок для ожижения гелия, который должен был циркулировать в тысячах сверхпроводящих магнитов, охлаждающих ускоритель, при температуре -269 градусов по Цельсию. Под землей в меловой породе миля за милей прорезали туннель, в котором должен был помещаться ускоритель. Проектная стоимость к этому времени выросла уже до 8 млрд долларов.

Работа шла исходя из бюджета (не более 5 млрд долларов), утвержденного правительством, а остальное предполагалось получить благодаря зарубежным инвестициям. Когда президент Буш посетил Японию в начале января 1992 года, одной из главных тем переговоров были условия внесения крупного вклада в проект со стороны Японии. Правда, визит не задался. На официальном обеде президент Буш упал на своего японского коллегу Киичи Миядзаву, облевал его – и покинул Страну восходящего солнца с пустыми руками. Чиновники японского правительства заявили, что SSC не стал международным проектом и что Буш не получит их поддержку, пока и если проект не станет по-настоящему интернациональным¹²⁷.

¹²⁷ Государственный секретарь Херрингтон подробно остановился на этом вопросе на слушаниях в

Летом того же года палата представителей США проголосовала за сокращение затрат бюджета на Суперколлайдер, но решение было отменено сенатом Позднее, в июне, когда президентом уже шесть месяцев был Билл Клинтон, то же самое произошло еще раз. К тому времени Главное финансово-контрольное управление оценило окончательную стоимость проекта SSC в 11 млрд долларов.

В сентябре 1993 года делегация уважаемых физиков, включая Стивена Вайнберга, Бертона Рихтера и Леона Ледермана, оставив свои лаборатории и офисы, приехала в Университет Джорджа Вашингтона, чтобы поддержать проект Суперколлайдера. Стивен Хокинг, известный британский физик, отправил свое послание поддержки, записанное на пленку. Ученые надеялись на широкое освещение своего визита средствами массовой информации, но оно стало событием второго ряда, поскольку главными новостями тех дней была встреча Клинтона с премьер-министром Израиля Ицхаком Рабином и председателем ООП Ясиром Арафатом и подписание ими мирного договора в Осло.

Планировалось, что через месяц конгресс еще раз обсудит крупные научные проекты. Строительство SSC опять вынесли на утверждение, но кроме него обсуждался и проект международной космической станции – интернационального предприятия с начальной стоимостью 25 млрд долларов. В результате голосования проект космической станции получил одобрение – ее финансирование было обеспечено перевесом всего в один голос. На следующий день состоялось голосование по Суперколлайдеру, и, к ужасу его сторонников, две трети от общего числа конгрессменов проект строительства ускорителя отвергли. Работы были остановлены, хотя больше четверти туннеля в техасской глубинке было уже вырыто. На стройке коллайдера было занято 2000 человек и потрачено 2 млрд долларов.

Смерть Суперколлайдера, первой специализированной машины, предназначенной для охоты за бозонами Хиггса, для многих физиков, занимавшихся элементарными частицами, означала конец американской мечты. Тысячи людей, которые отказались от престижных, с трудом заработанных факультетских мест и переехали в Техас, с ужасом смотрели, как проект умирает у них на глазах. Их карьера оказалась на грани краха. Суперколлайдер был задуман для того, чтобы американские специалисты в области физики элементарных частиц стали учеными мирового класса, но решение конгресса обрекало эту область физики на прозябание и посредственность.

Кончина Суперколлайдера была воспринята многими людьми – сторонниками проекта – как смертельный удар, и по крайней мере отчасти это впечатление возникло из-за того, что коллайдер рекламировали как единственную машину в мире, способную найти бозон Хиггса. Наброски к рекламе, составленные в то время Ледерманом, звучали так: “После многих проб и ошибок мы решили, что в разъяснении назначения машины лучше всего (для непрофессиональной аудитории и представителей других наук) остановиться на нарушении симметрии, то есть бозоне Хиггса”. Хотя Суперколлайдер не удалось построить, у американских физиков оставался еще “Теватрон”. После существенной модернизации детектора и других переделок все надежды американских физиков были связаны только с ним.

Суперколлайдер стал дорогостоящим провалом и самым мрачным эпизодом в истории охоты за бозоном Хиггса. Он оказался в эпицентре серьезных дискуссий о правительственных приоритетах, здравом смысле ученых и значении для общества глубочайших вопросов мироздания.

И сегодня Вайнберг признает, что все еще обижен за Суперколлайдер и считает, что Крамхансл вел себя “позорно”, противодействуя строительству машины, поскольку у него,

подкомитете по энергетике, научным исследованиям и развитию Комитета по науке, космическому пространству и технологиям палаты представителей, состоявшихся 17 и 18 марта 1987 года. При обмене мнениями с республиканцем Шервудом Болертом он сказал: “Это американский проект с участием американских ученых в области физики высоких энергий, и он предназначен для поддержания американского лидерства в данной области”.

как у следующего президента Американского физического общества, был голос с непропорционально большим весом. И кроме того, Вайнберг сожалеет, что именно Техас победил в соревновании за место для строительства коллайдера. На последнем этапе выбор оставался между Техасом и Иллинойсом, где расположена лаборатория имени Ферми, руководимая Ледерманом. “Я плохо знал людей, которые работали в Чикаго, а это было важным фактором. Проект мог осуществиться, если бы коллайдер строили в Иллинойсе, – говорит Вайнберг. – Мне очень жаль, что мы не выбрали тогда Иллинойс”.

Когда было объявлено, что Суперколлайдер будет построен в техасском городе Ваксахи, для многих стало неожиданностью, что он оказался конкурентом Международной космической станции. Ученые, поддержавшие строительство Суперколлайдера, этого не предвидели. Суперколлайдер должен был показать научное превосходство США, изучая природу в туннеле глубоко под землей, а космическая станция была призвана продемонстрировать технологический потенциал на высоте 200 миль над земной поверхностью. Абсолютно разные во многих отношениях, оба проекта оказались техасскими проектами (космические станции разрабатывались в космическом центре НАСА в Хьюстоне). Многим конгрессменам не понравилась идея финансирования сразу двух дорогих техасских проектов. Космическая станция, которую лоббировали влиятельные люди из оборонной промышленности, при выборе из этих двух проектов победила в голосовании простым большинством голосов.

Избрание Билла Клинтона на пост президента не увеличило шансы проекта на успех. Хотя Клинтон и не был против Суперколлайдера, он вложил в него не только меньше Рейгана, поддерживавшего проект с самого начала, но и меньше Джорджа Буша-старшего, тоже тесно связанного с Техасом. Клинтон назначил министром энергетики Хейзел О’Лири, в прошлом руководителя коммунальных служб некоей компании, и она мало сделала для спасения проекта. Некоторые ученые утверждали, что Клинтон прямо сказал тогда губернатору Техаса Энн Ричардс, что его администрация не будет поддерживать сразу и Суперколлайдер, и космическую станцию, и она должна выбрать из двух проектов один ¹²⁸.

Элвин Трайвелпис по-прежнему работает консультантом в национальных лабораториях, хотя официально он уже на пенсии. Трайвелпис говорит, что бесконечно сочувствует тем людям, чьи мечты были разрушены в результате прекращения строительства SSC. Люди, которые посодействовали гибели проекта Суперколлайдера, стонут, что в Америке слишком мало ученых и инженеров. “Они не понимают, – говорит он, – что существует тесная связь между вдохновляющими целями и стимулами профессионального роста. В этом и заключается суть трагедии Америки”.

Возможно, размышляет Трайвелпис, Суперколлайдер сегодня бы работал, назови ученые его в честь президента Рейгана, а ведь такое предложение поступало на ранних стадиях работы над проектом. Суперколлайдер превратился бы в Рейгановский ускорительный центр. Тогда поговаривали даже о церемонии открытия с участием пяти живых президентов. “Разве можно представить, что кто-нибудь осмелился бы прекратить финансирование строительства ускорителя, если бы пять живых президентов объявили о начале проекта и согласились его продвигать? Никакие политические игры не смогли бы остановить этот процесс!” – уверен он.

Суперколлайдер погубил не один смертельный удар, а череда неблагоприятных событий, которые постепенно надломили его. “В Вашингтоне не нужно что-то специально закрывать. Все, что необходимо для этого, – просто не драться за проект как тигр, и он погибнет сам. Сверхпроводящий суперколлайдер был обескровлен из-за тысячи полученных им ранений, и в конце концов он умер”, – рассказывает Трайвелпис.

¹²⁸ Недавно избранному губернатору Техаса был предоставлен выбор между поддержкой Суперколлайдера и космической станции. Э. Ригардс решила не финансировать проект Суперколлайдера. (Из лекции, прочитанной Элвином Трайвелписом на совещании Американского физического общества в Тампе, штат Флорида, 19 апреля 2005 года.)

В год, когда проект Суперколлайдера почил в бозе, родилось название “частица Бога”¹²⁹. Леон Ледерман и американский фантаст Дик Терези совместно опубликовали историю открытый в области физики элементарных частиц, которые подготовили почву для охоты на бозон Хиггса с помощью Суперколлайдера. Как рассказывал Ледерман, редактор книги отвергал любые названия, в которых упоминался Хиггс или его таинственный бозон. Им пришлось призвать на помощь всю свою изобретательность. Ледерман утверждает, что они хотели назвать книгу “Проклятая частица”, потому что ее так трудно найти, но вместо этого остановились на названии “Частица Бога”. Бозон Хиггса заслужил это имя, пишет Ледерман, потому что он действительно имеет решающее значение для нашего понимания материи, до сих пор скрывающей от нас много тайн.

Это имя считается одним из самых, если не самым, одиозных в истории физики. Ученые возмущались таким ужасным названием, некоторые считали его просто глупым. Кому-то активно не нравилось, что СМИ используют это название только из-за того, что оно более интригующе, чем бозон Хиггса. Питер Хиггс вздрагивает, когда слышит его. Он считает это название претенциозным и даже оскорбительным для людей с религиозными взглядами.

Ледерман сейчас приближается к своему девяностолетию. Он живет на территории Фермилаба, где провел большую часть своей профессиональной жизни. Я приехал к нему, но он забыл о нашей встрече. Пришлось мне подождать. В конце концов он появился – в кожаной куртке, похожей на летную, в темных очках. Он усмехается и смотрит на мир взглядом летчика-истребителя в отставке. В его офисе висит доска, всегда исписанная уравнениями (“Мои коллеги тоже используют комнату”, – говорит он, махнув в сторону доски рукой). На клочке бумаги, приклеенном к высокому шкафу для документов, стоящему рядом со столом, нарисован герой комиксов: он направляет пистолет на другого человечка, а в словесном пузыре, выходящем из его рта, прочитывается надпись: “Не двигаться!” Ледерман объясняет: “Он охраняет мои работы. Я не хочу, чтобы кто-то копался в них”.

Он обладает удивительным чувством юмора и ухмыляется, рассказывая, как его ругали все эти годы за придуманное им название “частица Бога”. Как-то Ледерман пошутил, что это название обидело сразу две группы людей: тех, кто верил в Бога, и тех, кто не верил. Однако он сразу становится серьезным, когда речь заходит о влиянии религии на научное образование в Америке и позже, когда мы говорим о том, что могло бы быть, если бы Суперколлайдер был построен. “Мы нашли бы бозон Хиггса к 1998 или 1999 году, – говорит он. – Мы или нашли бы его, или поняли, что там еще происходит со всей Стандартной моделью”. Гибель SSC означала: американские надежды на победу в охоте на частицы Хиггса теперь связаны только с “Теватроном” в Фермилабе.

В то время как колесо фортуны поднимало Суперколлайдер вверх и сбрасывало вниз, на другой стороне Атлантики в Европе запустили крупнейший ускоритель частиц, равного которому мир еще не видел. По размеру он был в несколько раз меньше американского фантастического Суперколлайдера и занимал туннель с длиной окружности 17 миль, вырытый на глубине 100 метров под землей на территории ЦЕРНа под Женевой. Ускоритель был назван Большим электрон-позитронным коллайдером (LEP), это была самая лучшая

¹²⁹ Издатель Ледермана утверждал, что никто никогда не слышал о Питере Хиггсе, поэтому использование его имени в названии книги неправильно. Все физики, с которыми я говорил о втором имени частицы (частица Бога), отвергали его. Основные возражения – оно кажется претенциозным и, возможно, оскорбительно для религиозных людей. Но есть и другие претензии. Физики высказывают справедливые упреки, что оно бессмысленно и смешно. Другие названия частиц могут показаться неясными, но во многих случаях они осмысленны. Время появления названия оказалось особенно неудачным, поскольку книга Ледермана появилась, когда для многих школ США креационизм становился серьезной проблемой. Чтобы понять, с какими вопросами сталкиваются журналисты, упоминая частицу Бога, см. статью Денниса Овербая “Что в имени тебе моем? Разбор частицы Бога, элементарная метафора” (New York Times. August 2007).

машина для создания и изучения Z-частиц. Предполагалось, что впоследствии ее переделают для работы в области еще больших энергий, где, как считалось, прячется бозон Хиггса.

Ученые, охотившиеся за бозоном Хиггса в ЦЕРНе, не имели понятия, что их ожидает. Поговорите с физиками в их офисах в ЦЕРНе, и даже теперь они вряд ли понимают это. Один исследователь – участник всех этих событий – сказал мне, что у него ушел целый год на то, чтобы оправиться от стресса после гонок на Большом электрон-позитронном коллайдере. Похоже, охота на частицы Хиггса никогда не была и никогда не будет простым делом...

Глава 7

Бозон Хиггса и “железная леди”

Чтобы попасть в основной комплекс ЦЕРНа из Международного аэропорта Женевы, нужно ехать на запад по улице Рут де Мейрин. На входе охранники попросят документ, исчезнут с ним на мгновение, а затем вернутся и пропустят вас, махнув рукой. За турникетом вы увидите скопление офисных зданий и паркингов, связанных между собой автомобильными дорогами и пешеходными тротуарами.

Кажется, что вы попали в университет, охваченный строительным бумом из-за дешевого бетона. Кампус занимает в общей сложности 30 га и расположен прямо на франко-швейцарской границе. Несмотря на огромную территорию, тут трудно заблудиться: на стенах зданий – гигантские номера, из-за чего весь комплекс похож на ожившую огромную карту.

Одно из самых популярных зданий ЦЕРНа – здание номер 501, похожее на отель среднего класса. Это главная столовая. Вы входите туда, берете поднос, наливаете кофе из кофемашины, минуете стойки, уставленные тарелками с салатами и фруктами, после чего вас ждет шеренга поваров – они выдают фрикасе из кролика, пасту, рис и пиццу.

По другую сторону касс расположены бесконечные ряды столов, которые заполняются в обеденное и вечернее время сотрудниками в джинсах и футболках. Если погода не слишком противная, кое-кто занимает столики на террасе, откуда открывается вид на аэропорт и Альпы. Говорят, в хороший день можно увидеть даже Монблан.

ЦЕРН – научный центр мирового класса, но, гуляя по его территории, видишь довольно скромную, аскетичную картину. ЦЕРН просто обязан быть таким: он получает взносы от 20 государств-членов, общей суммой 1 млрд долларов в год, но ни один доллар из этой немалой суммы не предназначен для украшения зданий и разведения садов. В ЦЕРНе деньги буквально “зарываются в землю”.

Мало кто знает больше Лина Эванса, что ЦЕРН делает с поступающими от стран-доноров деньгами. Когда Эванс входит в столовую, он выглядит довольно беззаботным человеком. Вот он – в шортах и рубашке поло, только что с местного поля для гольфа. Официально он в отпуске. У Эванса, которому остался год до пенсии, аккуратный короткий ежик седых волос, задубевшая загорелая кожа и фигура бывшего регбиста. Можно сказать, что работа под землей у него в генах. Он родился в валлийской деревне Абердер, где издавна добывали уголь, и его отец провел большую часть жизни в шахте, под землей.

За сорок лет работы в ЦЕРНе Эванс потрудился практически на всех коллайдерах, строившихся здесь в разные годы. Пятнадцать лет назад он возглавил команду, начавшую собирать из отдельных узлов главное детище ЦЕРНа – БАК, Большой адронный коллайдер (ЛНС). Всем было ясно, что именно Эванс должен стать лидером – ведь никто лучше его не знал, как строить ускоритель.

ЛНС – это современная история ЦЕРНа, но я приехал сюда, чтобы узнать о его прошлом. До того как Эванс был назначен руководителем проекта ЛНС, он был руководителем предшественника ЛНС в ЦЕРНе – Большого электрон-позитронного коллайдера (LEP), строившегося в 1983-1988 годах. Поскольку американский проект Сверхпроводящего суперколлайдера почил в бозе, LEP стал первым ускорителем частиц,

начавшим серьезную охоту на бозон Хиггса¹³⁰. Хотя к тому времени “Теватрон” лаборатории Ферми находился в рабочем состоянии, там не удалось зарегистрировать достаточного количества столкновений частиц с высокими энергиями, так что у американских ученых пока не было шансов поймать бозон Хиггса. Потребовалась серьезная модернизация как самой машины, так и детекторов, чтобы “Теватрон” стал главным охотником за неуловимыми частицами. Но это случилось уже через 15 лет после запуска LEP.

Когда LEP был построен, эта машина оказалась крупнейшей научной установкой в мире и самой сложной из всех, с которыми когда-либо имел дело ЦЕРН. Строительство и эксплуатация коллайдера подняли столько проблем, что их хватило на учебные примеры для студентов технических вузов на десятилетия вперед. ЦЕРН славился тем, что его ученые умеют сталкивать протоны друг с другом. Но LEP был уходом от традиции – он предназначался для столкновений электронов и позитронов – эквивалентов электронов в антивеществе. Поскольку и электроны и позитроны – истинно элементарные частицы, их нельзя разбить на более мелкие части, столкновение их друг с другом лоб в лоб приводит только к выделению энергии, которая превращается в совершенно новые виды материи.

Офис Лина Эванса находится недалеко от столовой, в пяти минутах езды на машине. И вот мы входим в его кабинет. Проглядев какие-то бумаги, лежавшие у него на столе, Эванс садится и начинает свой рассказ. Полки за его спиной заставлены фрагментами ускорителя, а среди фотографий, которыми увешана одна из стен, есть снимок Эванса рядом с Питером Хиггсом. “LEP был уникальной машиной”, – с удовольствием вспоминает Эванс.

Планировалось, что коллайдер будет запущен в два этапа. На первом пучки частиц, прежде чем столкнуться, должны ускориться примерно до 50 ГэВ каждый. Задача этого этапа заключалась в том, чтобы получить огромное количество Z-частиц и изучить их до мельчайших подробностей. На втором этапе энергия пучков должна быть увеличена до 80 ГэВ каждый, что достаточно для рождения пар W-частиц, которые также планировалось детально изучить.

Если вы собираетесь строить ускоритель элементарных частиц, например такой, как LEP, вам необходимо учесть бесконечное число факторов. Прежде всего вы должны найти компромиссное решение при выборе размеров. Малые кольцевые коллайдеры неэффективны, потому что, когда вы ускоряете электроны на траекториях малого радиуса, они теряют много энергии в виде излучения¹³¹. Большие ускорители более эффективны в этом смысле, у них кривизна траектории электронов меньше, однако их строительство гораздо дороже.

В начале ЦЕРН планировал построить для LEP 50-километровое кольцо, но стоимость оказалась заоблачной. Остановились на 27-километровом кольце и четырех огромных детекторах для регистрации новых частиц, которые могли бы появиться на свет при каждом столкновении.

Определившись с размером машины, стали искать место для нее. Принять это решение оказалось не так просто. Большой размер LEP означал, что нужно купить довольно большой участок земли рядом с основной территорией ЦЕРНа, а денег на это не хватало. Дешевле

¹³⁰ Более полный обзор особенностей проектирования и строительства Большого электрон-позитронного коллайдера см. в кн.: Herwig Schopper. LEP: The Lord of the Collider Rings at Cern 1980-2000. Springer, 2009. Журнал ЦЕРНа “CERN Courier” является полезным и бесплатным ресурсом, что особенно ценно для желающих узнать побольше о машине.

¹³¹ Энергия, которую электроны теряют, двигаясь по изогнутой траектории, называется синхротронным излучением. Эти потери мешают при создании пучков высоких энергий, так как чем быстрее электроны летят, тем больше они излучают, поэтому больше энергии должно выкачиваться из ускоряющего оборудования. Но есть и другая сторона медали. Синхротронное рентгеновское излучение невероятно интенсивно и может быть использовано для изучения всех видов объектов – от белков до авиационных двигателей. В синхротроне Diamond в Оксфордшире синхротронное излучение было использовано для изучения фрагментов свитков Мертвого моря без их распрямления и порчи хрупкого папируса.

было привлечь сверхмощные бурильные машины и прорыть туннель для коллайдера под землей. Подземный вариант имеет много преимуществ. Слой земли над ускорителем эффективно защищает от излучаемой им радиации, кроме того, он защищает и сам ускоритель от возможных вредителей-диверсантов. И кроме всего прочего, подземный вариант позволяет не испортить красивый сельский пейзаж – на фоне идиллического ландшафта не появится металлический монстр, окруженный забором из колючей проволоки.

Но есть и минусы. Постройка под землей машины такого размера, как LEP, требует тщательного планирования и ювелирной техники. И еще – когда что-то портится под землей, это что-то очень трудно ремонтировать.

И все-таки ЦЕРН выбрал подземный вариант, но это решение породило череду новых проблем. Если начертить на земле кольцо LEP, оно окажется слишком большим, чтобы втиснуться между аэропортом Женевы с одной стороны и горами Юра с другой. Под землей проблем оказалось не меньше. Аэропорт был построен на породе, состоящей из смеси камня и рыхлой почвы, так что бурение туннеля в ней было сущим кошмаром. А под горами Юра залегали пласты известняка, пронизанные разломами и трещинами с водой. Геологи-эксперты предупредили, что попытка пересечь хотя бы один из этих разломов может увеличить бюджет проекта на 16 млн долларов и задержать запуск ускорителя больше чем на год.

Прежде чем приступить к сооружению туннеля, инженеры ЦЕРНа пробурили множество разведочных скважин, чтобы нарисовать подробнейший геологический портрет региона. С его помощью они наконец поняли, что нужно делать. Они слегка сдвинули положение туннеля, затем наклонили, чтобы он плавно опускался вниз с глубины около 50 метров в предгорьях Юры до глубины более чем 100 метров под аэропортом. Таким образом, почти весь бетонный туннель четырехметрового диаметра был проложен в твердых породах.

Местные законы в районе, где расположен ЦЕРН, таковы, что нельзя просто прийти и установить колоссальный ускоритель элементарных частиц – или что-нибудь еще в этом роде – под чьим-то домом, не спрашивая разрешения у хозяев. Коллайдер LEP пересекал извилистую франко-швейцарскую границу четыре раза и проходил прямо под домами, расположенными по обе стороны границы. Если вы живете в Швейцарии, закон страны гласит, что вам принадлежит земля под вашим домом на глубину примерно 30-50 метров. Принимая такой закон, власти имели в виду, что он не позволит коммунальным предприятиям помешать владельцам дома построить подземный гараж или даже вырыть артезианскую скважину. Во Франции же соответствующий закон отличается от швейцарского, и кардинально. Если вам посчастливилось жить во Франции, вы владеете землей под вашим домом на всю глубину, до центра Земли. Туннель коллайдера проходил достаточно глубоко, чтобы можно было не беспокоиться на этот счет на швейцарской территории, но во Франции руководству ЦЕРНа пришлось получить письменное разрешение примерно от 2000 домовладельцев, прежде чем строители смогли начать копать. Некоторые из хозяев отказывались подписать соответствующие документы, и на достижение соглашения между ними и французским правительством ушло два года!

Отношения ЦЕРНа с окрестной сельскохозяйственной общиной напряглись после того, как некий физик, работавший в центре, предупредил, что LEP будет отравлять поля – загрязнять окружающую среду, как миллион автомобилей. Неудивительно, что и фермеры, и местные власти страшно возбудились. Ученый тот поднял серьезный вопрос, но исказил факты. Действительно, частицы носятся по кругу внутри ускорителя LEP, и при этом возникает интенсивное рентгеновское излучение, воздействие которого, если бы это происходило в воздухе, могло бы привести к образованию токсичных газов, таких как озон и окислы азота. На земле это создало бы действительно серьезные проблемы, но LEP ведь сидит под землей и заэкранирован свинцом, алюминием, а кроме того, окружен магнитами, которые направляют и фокусируют пучки. Когда инженеры ЦЕРНа учли все эти факторы, расчеты показали, что вредные выбросы из шахт вентиляции эквивалентны всего лишь загрязнению, вызванному несколькими лишними машинами на местных дорогах.

В 1983 году строительство наконец началось. LEP стал крупнейшим гражданским инженерным проектом в Европе. Сооружение 27-километрового кольцевого туннеля было только началом. В восемнадцати точках в туннеле были вырыты вертикальные скважины, чтобы люди могли через эти входы входить и выходить. В каменной породе по периметру туннеля выдолбили четыре огромные пещеры – в них смонтировали детекторы для коллайдера. К этим пещерам добавились еще шестьдесят небольших помещений и ниш. В результате только менее половины из 1,4 млн кубических метров каменной породы, вынутой из-под земли, пришлось на основной туннель, остальные – на пещеры для детекторов и камер.

ЦЕРН тщательно спланировал каждый этап строительства LEP. Но, несмотря на все меры предосторожности, аварии случались. В сентябре 1986 года бурильные машины наткнулись на геологический разлом, и туннель затопило водой. Потребовалось восемь месяцев, чтобы остановить поток, осушить туннель и продолжить бурение. Рядом с аэропортом при попытке просверлить три вертикальные шахты рабочие наткнулись еще на одно препятствие. Смесь земли и камней была пропитана водой по крайней мере до глубины 100 метров, что сформировало природный резервуар, используемый местным населением. Чтобы решить проблему, инженеры вынуждены были опустить трубы в землю там, где должна была проходить шахта, и закачать туда охлаждающую жидкость. Таким образом землю заморозили, превратив ее в твердую породу, которую можно было уже бурить обычным способом.

Строительство туннеля LEP было завершено в 1988 году, за неделю до Дня святого Валентина. Благодаря тому, что буровые машины были снабжены приборами спутникового и лазерного наведения, два конца туннеля встретились, разойдясь всего на 1 сантиметр. Одни только строительные работы заняли шесть лет!

Позже, в том же году, перед тем как LEP был запущен, британский премьер-министр Маргарет Тэтчер выступила с речью в Лондоне, на заседании Королевского общества – самой престижной научной организации Великобритании. Тэтчер эмоционально рассказала об Артуре Эддингтоне, чьи книги Питер Хиггс читал, еще будучи школьником. В свое время Эддингтон выбрал именно Королевское общество, чтобы рассказать о своей знаменитой экспедиции 1919 года. В ходе этой экспедиции при наблюдении во время затмения за светом звезд, огибающим Солнце, была доказана правота теории Эйнштейна. “Когда Артур Эддингтон представил свои результаты на заседании общества в 1919 году... этому событию были посвящены первые полосы газет, – сказала Тэтчер. – Многие не смогли попасть на заседание, однако народ был возбужден и жаждал узнать, действительно ли подтверждено это поразительное явление – искривление пространства. И сегодня мы спрашиваем себя: способны ли мы сейчас так же заинтересовать людей уже другим вопросом – существует ли бозон Хиггса, и вообще – зачем мы его ищем в ЦЕРНе?”¹³²

История, которую вспомнила Тэтчер, была настолько поразительной, что “New York Times” поместила статью о ней не под одним заголовком, а под тремя! Статья, пришедшая 10 ноября 1919 года по телеграфу из Лондона, называлась “Лучи, идущие к нам от звезд, оказываются, совсем кривые”. Затем следовало: “Ученые, сгорая от нетерпения, ждут результатов наблюдения затмения”. На случай, если кто-то мог испугаться, что небо обрушится на них, газета ниже уточняла: “Звезды находятся не там, где мы их видим или где они по расчетам должны находиться, но беспокоиться по этому поводу не нужно”.

Когда мы переходим к разговорам о работе LEP, Лин Эванс оживает и даже подается вперед, сидя на диване в своем кабинете. Строительство LEP само по себе было невероятным подвигом. Чего стоил один только размер машины! Нелегкая задачка для инженеров. Но строительство было только началом дела. В некотором смысле LEP оказался

¹³² Из выступления Маргарет Тэтчер на заседании в лондонском Королевском обществе, в зале “Fishmongers” 27 сентября 1988 года.

даже слишком хорошим, почти неправдоподобно хорошим.

Первой задачей, которую ЦЕРН намеревался решить с помощью нового коллайдера частиц, было измерение масс Z-частиц с большей точностью, чем делалось раньше. Для этого ученым требовалось точно знать, какова энергия у частиц, носящихся в ускорителе. Зная это, они узнали бы и сколько энергии теряется в каждом столкновении при рождении Z-частиц. Отсюда они могли бы определить их массу.

В 1991 году было обнаружено некое необъяснимое явление. В измерениях наблюдалась странная закономерность – энергия пучков менялась с загадочной регулярностью. Эванс, руководивший проектом, заподозрил, что виной тому – хитроумное оборудование, возможно, сбой в работе источников питания. Ученые ЦЕРНа несколько месяцев чесали затылки, рассматривая странные сигналы. Со временем слухи о них распространились и среди сотрудников других лабораторий. Однажды ученый по имени Герхард Фишер из Стэнфордского центра линейных ускорителей позвонил в ЦЕРН – у него возникло некое предположение, и он посоветовал сотрудникам европейской лаборатории проверить его.

Чтобы это сделать, Альберт Хофманн, опытный работник ЦЕРНа, провел долгий и утомительный эксперимент, который продолжался от полуночи до 4-х утра следующего дня. Этот эксперимент и его результат стали одной из легенд ЦЕРНа. В данных, полученных Хофманном, обнаружился след виновника, которого Фишер и заподозрил, – нашего ближайшего небесного соседа, Луны. Каждый школьник знает, что притяжение Солнца и Луны вызывает приливы в морях и океанах. Хотя масса Луны составляет лишь небольшую часть массы Солнца, она больше влияет на приливы, поскольку расположена гораздо ближе. Менее известно то, что Луна и Солнце создают приливы также и в твердой земной коре. Эксперименты Хофманна показали, что, когда Солнце и Луна находятся на одной прямой, на поверхности Земли возникают горбы и впадины. Например, земля в ЦЕРНе вспучивается и уходит вниз примерно на 25 сантиметров. Земля колебалась – в буквальном смысле слова – под ногами ученых¹³³. Когда Земля раздувалась (прилив), кольцо LEP растягивалось примерно на 1 миллиметр. Изменения размеров, незаметные для работающих на ускорителе ученых, меняли расстояние, которое частицы внутри коллайдера пролетали на каждом витке. Эффект был незначительным, но достаточным, чтобы значение энергии частиц изменялось. “Машина была само совершенство, – говорит Эванс. – То, что мы смогли получить столь высокую точность на такой огромной машине, просто поразительно”. В ЦЕРНе между собой шутили – и то была только наполовину шутка, – что ученым нужно купить календарь, чтобы во время проведения экспериментов сверяться с положением Солнца и Луны.

По мере того как продвигалась работа на LEP, становилось ясно, что Солнце и Луна – не единственные факторы, влияющие на работу машины. После того как команда Эванса внесла поправки на приливы в земной коре, обнаружили и еще более тонкие флуктуации энергии пучков. Новый эффект поставил всех в ступор. Каждый день с понедельника по пятницу энергия пучков в LEP изменялась, причем точно в одно и то же время. Она менялась и в выходные дни, но в другие моменты. Время возникновения этого странного эффекта воспроизводилось с такой точностью, что можно было проверять по нему часы.

В мире еще не было научных объединений, коллабораций, с таким большим числом участников из разных стран, как в ЦЕРНе. Двадцать стран принимают непосредственное участие в деятельности центра, кроме того, в работу вовлечены еще и многие другие государства. Эксперименты проводят ученые, приехавшие примерно из шестисот институтов и университетов, разбросанных по всему миру. Многие приезжают и уезжают через Центральный железнодорожный вокзал в Женеве Корнавен, и именно там сотрудники ЦЕРНа обнаружили источник упомянутого загадочного эффекта, мешающего нормальной

¹³³ Влияние приливов Земли на LEP было описано 27 ноября 1992 года в статье Малкольма В. Брауна в “New York Times”: “Луна обвиняется в появлении всплесков в ускорителе частиц”. Более подробная статья “Воздействие земных приливов на энергию пучка LEP” была опубликована в ЦЕРНе Л. Арнодоном и др. 2 марта 1994 года.

работе машины.

Если бы вы регулярно пользовались поездами, уходящими и приходящими на этот железнодорожный вокзал, моменты возникновения колебаний энергии в пучках LEP, несомненно, вызвали бы у вас некоторые ассоциации. Скоростной поезд, или TGV, связывающий Женеву с Парижем, – существо на редкость пунктуальное. Оказалось, что возникновение флуктуаций в пучках ускорителя совпадало с точностью до минуты со временем отправления поезда от женевского вокзала. ЦЕРН создал небольшую группу, чтобы разобраться в том, как TGV влияет на коллайдер. LEP обложили датчиками и измерили потребление электрического тока поездами на вокзале Корнавен и других железнодорожных станциях. Затем сопоставили данные и поняли, что происходит. Поезду TGV, чтобы тронуться с места и отправиться в путь, необходима большая мощность, в этот момент возникает всплеск электрического тока. Часть тока через железнодорожные рельсы уходит в землю. Команда ЦЕРНа обнаружила, что эти блуждающие токи перетекают в кольцо LEP, увеличивая магнитное поле в нем, при этом энергия пучка повышается на величину до 12 МэВ.

Неожиданные эффекты, связанные с поездами TGV и фазами Луны, насторожили ученых ЦЕРНа. Они стали внимательнее отслеживать и другие подозрительные сигналы, способные нежелательно отразиться на экспериментах. За все годы работы, до того как LEP навсегда закончил свое существование, он зарегистрировал еще повышение уровня воды в Женевском озере и землетрясение в Турции, находящейся на расстоянии более 2000 километров от ЦЕРНа.

Сразу, как только LEP принялся сталкивать частицы, ученые стали выискивать следы бозона Хиггса. Известно, что он способен родиться различными способами, например, только что возникшая Z-частица может распасться на бозон Хиггса и группу других частиц. По крайней мере, по свежим следам его в этом событии легче всего выследить. Команды, работавшие на четырех детекторах LEP, знали, как должны выглядеть треки этих частиц, но физики знали и то, что, если только частицы Хиггса не окажутся неправдоподобно легкими, могут пройти годы, прежде чем появится сигнал, который наверняка будет свидетельствовать об их появлении. Через несколько месяцев после того, как коллайдер был запущен, Жан-Франсуа Грива, участвовавший в поисках бозона Хиггса, сделал получасовой доклад в аудитории ЦЕРНа. Он перечислил различные реакции, в которых может появиться бозон Хиггса, но ничего особенно интересного не сказал – в конце концов, машина только несколько недель как была запущена, и было слишком рано ожидать значимых результатов. Когда полчаса прошли, Грива поблагодарил аудиторию и предложил задавать вопросы. Одна рука медленно поднялась в воздух. Это был Джек Штейнбергер, физик из ЦЕРНа, который разделил Нобелевскую премию с Леоном Ледерманом за год до того. Прежде чем задать свой вопрос, Штейнбергер извинился. “Я проспал большую часть доклада, – сказал он. – Так все-таки, скажите, вы нашли бозон Хиггса или нет?”¹³⁴ Аудитория разразилась хохотом.

ЦЕРН потратил миллиарды швейцарских франков на строительство LEP в надежде узнать больше о W- и Z-частицах и, конечно, найти частицы Хиггса. Вначале ускоритель пережил некоторые проблемы роста, но не более, чем любой другой амбициозный проект. После завершения строительства и обкатки машина оказалась настолько чувствительной, что рассказала ученым об окружающем мире больше, чем они ожидали. В шутку говорили, что она, во всяком случае, могла измерить количество дождя, пролившегося над Женевским озером и повысившего уровень воды в нем, предсказать, когда следует ожидать следующего полнолуния, и определить, когда отправится последний поезд на Париж.

Дэвид Миллер, высокий худой человек, любит петь баритоном (у него неплохой голос)

¹³⁴ Рассказ взят из документа ЦЕРНа “Алеф. Опыт работы: 25 лет воспоминаний”. 2-е издание, январь 2006 года.

и рассказывать понятным языком про науку, а иногда делает и то и другое одновременно. Он вспоминает свою группу, одну из самых буйных групп студентов-математиков в Университетском колледже в Лондоне, где в 1960-х годах преподавал Питер Хиггс. “Он совершенно не учил меня математике, – говорит Миллер за кофе в столовой Университетского колледжа, где он является сейчас почетным профессором физики. – И если бы он не преподавал так плохо, мне бы не посчастливилось стать экспериментатором”.

После окончания университета Миллер провел какое-то время в Брукхейвенской национальной лаборатории в Нью-Йорке и в лаборатории Ферми под Чикаго, но позже вернулся в Европу и начал работать в ЦЕРНе. Когда Миллер туда приехал, коллайдер LEP был уже запущен и с его помощью получили несколько красивых результатов. Но чего на нем еще не нашли – по крайней мере, насколько об этом можно было судить, – так это бозона Хиггса.

Миллер пробыл в ЦЕРНе несколько недель, и в какой-то момент ему понадобилось уехать – на время. Он сел в автобус, который направлялся в женеvский аэропорт. Автобус быстро заполнялся научными журналистами, приезжавшими в ЦЕРН узнать, чем ученые тут занимаются. Вскоре они разговорились. “Журналисты сказали, что приезжали встретиться с Джоном Эллисом – парнем, пытавшимся объяснить им, что такое бозон Хиггса, – вспоминал Миллер. – Они не поняли ни слова”.

Расстроенные журналисты попросили Миллера объяснить им на простом языке, что же это такое – хиггсовский бозон. Миллер задумался. Он совсем не был уверен, что ему удастся сделать то, что не получилось у Эллиса, но потом ему пришла в голову блестящая идея. “Представьте себе, что в комнате есть только вы – мужчины – и вы спорите о чем-то. И вдруг туда без предупреждения быстрой летящей походкой входит очень красивая женщина. – Он сделал паузу и подождал, пока у слушателей включится воображение. – Когда она идет по комнате, те из вас, кто поближе, забывают, о чем спорили, стараются подойти поближе, группируются вокруг нее, мешая ее движению и замедляя его. Это как если бы она из стройной изящной женщины превратилась в старую, неповоротливую толстуху”. У аналогии этой были недостатки, и многие из них ненаучного плана, но журналисты основную идею уловили. Комната, наполненная репортерами, – образ поля Хиггса. Хорошенькая женщина – образ частицы, которая приобретала, двигаясь в этом поле, массу, то есть замедлялась за счет взаимодействия с полем. А облепившие ее ухажеры – бозоны Хиггса. Журналистам эта система образов, видно, была вполне понятна.

Хотя LEP еще работал на полную мощность, в ЦЕРНе уже задумывались о проекте машины-преемника, Большого адронного коллайдера (LHC), который рассчитывали собрать в том же подземном туннеле. Прежде чем дать новому проекту зеленый свет, необходимо было убедиться, что его поддержат страны, финансировавшие ЦЕРН. В Великобританию, к несчастью, запрос о возможности поддержки проекта пришел не в самое лучшее для английского правительства время. Маргарет Тэтчер только что покинула свой пост, и сменил ее Джон Мейджор, собиравшийся провести масштабное сокращение бюджета науки. Дальнейшее участие Великобритании в ЦЕРНе оказалось под большим вопросом.

В апреле 1993 года Британский институт физики провел свою ежегодную конференцию в Брайтоне. Обсуждение, которого все ждали, начал Уильям Уолдегрейв, министр науки. Повторяя слова свонго бывшего босса Маргарет Тэтчер, прозвучавшие в Королевском обществе в 1989 году, Уолдегрейв сказал, что, если ученые хотят сохранить поддержку правительства, они должны научиться разъяснять обществу важность своей работы.

Содержание ЦЕРНа стоило Британии уйму денег, а министр не понимал, что представляет собой цель исследований, бозон Хиггса, и почему этот бозон имеет такое большое значение. По правде говоря, вряд ли вообще кто-либо из нефизиков понимал это. Уолдегрейв поставил перед физиками трудную задачу: описать простым языком на одной стороне листа бумаги формата А4 бозон Хиггса и объяснить, почему так важно его поймать. “Если вы поможете мне понять это, у меня появится больше шансов раздобыть для вас деньги на поиски этого бозона”, – сказал Уолдегрейв аудитории. А тот, кто лучше и понятнее

опишет загадочную частицу, пообещал министр, получит бутылку марочного шампанского, оплаченную из его, министра, собственного кармана.

На той же неделе Джон Мэддокс, главный редактор престижного британского научного журнала “Nature”, посвятил целую страницу этому конкурсу. В среде британских ученых Мэддокс слыл легендой, его любили все. Среди прочего, он был известен тем, что, удобно устроившись с бутылкой вина и пачкой сигарет, часто писал свои редакторские статьи в ночь перед выходом журнала в печать. По идее в его статье, посвященной конкурсу Уолдегрейва, должны были содержаться рекомендации, поясняющие, как выиграть этот конкурс. Правда, в этот раз его советы вряд ли могли помочь участникам сего своеобразного состязания. Действительно, последние два предложения статьи Мэддокса – причем самые понятные из всех – звучали так: “Реальная интрига в охоте на частицу Хиггса состоит в том, что эта частица может быть совсем не такой, какой мы ее себе представляем. Но об этом как раз лучше умолчать”¹³⁵.

Дэвид Миллер услышал о конкурсе Уолдегрейва у себя дома в Лондоне. Он тут же вспомнил, как однажды уезжал из ЦЕРНа и группа журналистов попросила его объяснить, что такое частица Хиггса. Ему пришло в голову, что придуманное им объяснение очень недурно, а может быть, даже достаточно хорошо, чтобы выиграть бутылку марочного шампанского. Миллер поделился этой мыслью с женой и рассказал ей про аналогию с красоткой и льнущей к ней плотной группой мужчин. Миссис Миллер пришла в ярость. “Это сексизм!” – воскликнула она. Ужасно! Он ни в коем случае не должен посылать эту гадость министру науки! У Миллера, к счастью, имелись и другие идеи.

Пять месяцев спустя Уолдегрейв наконец объявил результаты конкурса. В то время в британском правительстве уже хорошо понимали, что вряд ли смогут позволить себе платить ежегодные взносы в ЦЕРН (55 млн долларов в год плюс дополнительные расходы на участие в экспериментах, запланированных на новом ускорителе). С горечью Уолдегрейв признал, что заявки (а их было 117!) позволили ему оценить важность поисков частицы Хиггса. Он сказал физикам: “Если мы не сможем найти деньги – а их будет действительно трудно найти, – я готов признать, что это будет большой потерей для нашей науки”.

А между тем в соревновании определились пять лидеров, однако никто не сомневался, кто станет победителем – конечно же доктор Дэвид Миллер из Университетского колледжа в Лондоне. Его эссе начиналось примерно так: “Представьте себе коктейль-пати для членов парламента. Спустя некоторое время они разбредаются и равномерно распределяются по пространству комнаты, причем каждый из них ведет беседу с ближайшими соседями. Внезапно в дверях появляется женщина. Политики присматриваются и понимают, что это не кто иной, как бывший премьер-министр, сама Маргарет Тэтчер”. Продолжение истории Миллер оставил без изменения. Уолдегрейву история о Маргарет Тэтчер, членах парламента и бозоне Хиггса очень понравилась. Приз достался Миллеру, а его история быстро разнеслась по всему миру и стала одним из самых популярных способов описания поля и частиц Хиггса. И конечно же заслуги миссис Миллер в победе мужа неоценимы! Без ее мудрого руководства все сложилось бы совсем иначе!

Миллер создал яркий и выразительный образ частиц, за которыми физики так отчаянно охотились уже довольно долго, однако из всех текстов, поданных на этот своеобразный конкурс, Уолдегрейв не мог узнать, как изменилось понимание физиками роли поля Хиггса за несколько последних лет. Исследования показали, что оно отвечает только за часть массы. Выяснилось также, что существует другое поле, которое ведет себя примерно так же, как поле Хиггса, и которое сыграло решающую роль в инфляции Вселенной – ее невероятно быстром расширении в первые моменты существования. Для того чтобы понять смысл этих революционных открытий, Уолдегрейву нужно было бы посетить двух физиков, офисы

¹³⁵ Мэддокс был блестящим редактором и журналистом. Редакционная статья, о которой идет речь, появилась в журнале “Nature”. Vol. 362. 29 April 1993. P. 785.

которых располагаются рядом, всего в нескольких метрах друг от друга, но по другую сторону Атлантики.

Фрэнк Вильчек – один из самых блестящих физиков в мире. Сегодня он работает в Массачусетском технологическом институте. Вероятно, о происхождении массы Вильчек знает больше, чем кто-либо другой. У него польско-итальянские корни, но сам он родился и вырос в Квинсе, в районе Нью-Йорка, в 1971-м поступил в Принстонский университет, а затем закончил там же аспирантуру. Работа, которую он начал в Принстоне в достаточно юном возрасте – ему тогда было всего 21 год, – спустя более тридцати лет принесла ему Нобелевскую премию. Вместе с двумя другими физиками он получил эту престижнейшую награду за открытие некоего любопытного эффекта, касающегося кварков, из которых состоят протоны и нейтроны. Вильчек показал, что чем дальше кварки отодвинуть друг от друга, тем сильнее они притягиваются друг к другу; и наоборот, когда они очень близко друг к другу, то ведут себя почти как свободные частицы – словно они связаны эластичными нитями. Как правило, силы не действуют таким образом – они обычно уменьшаются с расстоянием. Полученные Вильчеком результаты легли в основу Стандартной модели – свода правил, регулирующих поведение элементарных частиц в природе.

Работы Вильчека имеют далеко идущие последствия, особенно в понимании того, откуда берется масса. Хотя поле Хиггса, как полагают, отвечает за образование массы кварков и электронов, массы этих отдельных субатомных блоков дают лишь мизерный вклад в массу атома – почти вся она определяется не суммой весов входящих в атом кварков и электронов, а энергией, запасенной в перемещающихся кварках, и в поле, которое связывает их друг с другом.

На первый взгляд работа Вильчека заставляла засомневаться, а действительно ли бозон Хиггса заслуживает того, чтобы считать его ответственным за происхождение массы. Ответ – да, несомненно заслуживает, но есть маленькая тонкость, которую часто упускают в популярных описаниях. Поле Хиггса ответственно за приобретение кварками, электронами и другими частицами начальных масс. И если бы у них не было этих масс, пусть и незначительных, они никогда бы не образовали атомов. Но те большие массы кварков, которые, как мы знаем, у них есть, появляются только тогда, когда они собираются вместе, образуя протоны и нейтроны.

Вильчек помог опровергнуть бытовавший в СМИ популярный миф о том, что частицы Хиггса непосредственно ответственны за массы всего существующего в нашем мире, разъяснив, что они вносят лишь крошечный, но принципиально важный начальный вклад в массу.

Если идти от офиса Вильчека по коридору физического факультета Массачусетского технологического института, можно попасть в расположенный на небольшом расстоянии от него офис Алана Гута. Если Вильчек исследовал процессы, происходящие в глубине атома, то Гут занимался изучением прошлого Вселенной, историей возникновения Космоса. Он обнаружил, что в самом начале что-то очень похожее на поле Хиггса привело к намного более важным событиям, чем придание частицам массы.

Гут – коренастый человек с мальчишеской копной волос и сильным нью-джерсийским акцентом. Он говорит о рождении Вселенной с такой страстью, с какой другие говорят о футбольных матчах. Гут знает все теории: как они появились, насколько хорошо описывают различные ситуации, а также кто является автором каждой из них. Когда он рассказывает обо всем этом, трудно не поразиться, как физики могут знать что-либо о состоянии, в котором Космос пребывал четырнадцать миллиардов лет назад. Однако Гут так детально описывает, какой Вселенная была через одну триллионную от одной триллионной от одной триллионной доли секунды после Большого взрыва, как если бы был свидетелем тех революционных процессов, видел все своими собственными глазами. “Такого рода идеи, – правда, признает он улыбаясь, – обычно всем кажутся безумными, и я тут не исключение”.

История открытия Гута началась в Корнеллском университете. В 1978 году ученые

работали над так называемыми Теориями Великого Объединения (GUTs), которые должны были стать следующим большим прорывом в физике. GUTs ставили своей целью объединить все известные силы в природе, за исключением гравитационных. Это означало поиск единой теории, описывающей электромагнетизм, слабое взаимодействие, а также сильное взаимодействие внутри атомных ядер.

Однажды Генри Тай, друг Гута, тоже работавший в Корнеллском университете, обратился к нему за помощью. Он хотел бы знать, предсказывают ли GUTs существование гипотетической частицы, существование которой Поль Дирак предложил в 1930 году. Частица была по меньшей мере странной – такой микроскопический магнит, но с одним полюсом. (У нормального магнита всегда два полюса – один северный, а другой – южный.) Из-за этого удивительного свойства таинственные частицы назвали магнитными монополями.

Расчеты Гута показали, что теории GUTs действительно предсказывают существование магнитных монополей, но при этом возникало новое неразрешимое противоречие. “Я сказал Генри, что он может забыть о монополях. Никто никогда не сумеет создать их в ускорителе элементарных частиц, так как они невероятно тяжелые. Для меня они были просто еще одной непроверяемой гипотезой GUTs”, – вспоминает Гут. Говоря “невероятно тяжелые”, он имел в виду, что масса гипотетического монополя примерно равна массе амебы.

Тай не удовлетворился ответом. Он вернулся к проблеме и предложил вместе посчитать, сколько этих странных магнитных частиц было создано в результате Большого взрыва. “Это была действительно сумасшедшая идея, и я перестал этим заниматься”, – говорит Гут. Он переключился на другие темы, а Тай все никак не успокаивался, надеясь, что друг все-таки поможет ему разобраться с монополями.

Гут почти забыл про идею Тая, но одна лекция в Корнеллском университете полностью перевернула его отношение к ней. Физический факультет университета регулярно приглашал ученых из других вузов читать лекции корнеллским студентам. И вот однажды к ним приехал Стивен Вайнберг. Вайнберг, которому оставался всего год до получения Нобелевской премии, стал одним из основных сторонников GUTs. Глубина и ясность его лекции убедила Гута в том, что эти теории, возможно, не совсем безумные.

Сразу после окончания лекции Вайнберга Гут поговорил с Таем и согласился наконец подсчитать, сколько магнитных монополей было создано в результате Большого взрыва. Результаты весьма озадачивали – похоже, Вселенная должна быть битком набита этими загадочными монополями! Но если это так, то она была бы в сотни триллионов раз более массивной, чем, по оценкам космологов, есть на самом деле. (Физики, зная массу Вселенной, могут определить ее возраст. Известно также, что расширение Вселенной замедляется тем быстрее, чем она массивнее.) Гут сделал математические расчеты, заложив в них полученное огромное число монополей и их массу, а затем рассчитал возраст Вселенной. Оказалось, что ей должно быть около 30 000 лет. “Ну, я получил сполна всяческих нелестных комментариев в свой адрес”, – рассказывал Гут.

Расчеты Гута показали, что согласно теории Великого объединения в первые мгновения после Большого взрыва несколько полей хиггсовского типа должны были заплестись в узлы. Эти узлы и были магнитными монополями. Гут понял, что на ранней стадии развития Вселенной должно было произойти нечто, помешавшее дальнейшему образованию такого количества монополей. К примеру, если Вселенная охладилась очень быстро, хиггсовские поля не должны были успеть переплестись, и в результате образовалось бы меньше узлов, а уже образовавшиеся до этого монополи разлетелись бы на огромные расстояния и вполне могли бы ускользнуть от нашего взгляда.

Настоящий прорыв в понимании проблемы возник в сознании Гута как следствие из этого умозаключения. Однажды вечером он вернулся с работы домой, и вдруг его осенило: он понял, что означали его расчеты расширяющейся Вселенной. “В какой-то момент я увидел, что происходит. Расширение Вселенной было экспоненциальным! Это было невероятно захватывающе”, – говорит Гут.

Явление, открытое Гуттом, получило название “инфляция (раздувание) Вселенной”. Сразу после Большого взрыва за долю секунды Вселенная вдруг расширилась с головокружительной скоростью, а потом эта скорость расширения стала уменьшаться.

Теория инфляции Вселенной находится в стадии развития, ученые продолжают еще о ней спорить. Исходная теория Гута, с тех пор как он впервые описал ее в 1981 году, была не раз пересмотрена. Но в большинстве физиков сегодня сходятся: энергию на инфляцию Вселенной обеспечило некое поле, поведение которого очень схоже с поведением поля Хиггса¹³⁶. Некоторые полагают, что оно и есть то самое поле, что было впервые описано Хиггсом в 1964 году. И полю этому соответствуют и свои частицы – его переносчики, метко названные инфлатонами.

Однако вернемся в ЦЕРН. Лин Эванс продолжает обсуждать проблемы, которые возникали во время работы гигантского коллайдера LEP. Каждую зиму машину выключали на несколько месяцев в соответствии с условиями договора с поставщиком энергии – машина не должна работать в то время, когда спрос на электроэнергию у потребителей из окружающих городов достигает своего ежегодного пика. Зимний простой использовался инженерами для проведения технического обслуживания ускорителя и необходимых ремонтных работ.

Утром 13 февраля 1995 года сотрудники, съехавшиеся в ЦЕРН после зимних каникул, стали свидетелями невероятного разгрома. В диспетчерской разобрана практически вся аппаратура, необходимая для управления малым ускорителем, используемым для впрыскивания частиц в LEP. Кабели, соединявшие ускоритель с электронными модулями, оборваны, около 1200 электронных модулей исчезло. Всего за несколько дней до начала нового цикла экспериментов какой-то вредитель разобрал всю управляющую аппаратуру!

Преступника вскоре разыскали. Это был Николя Блазиану, оператор диспетчерской, проработавший в ЦЕРНе двадцать семь лет и пользовавшийся хорошей репутацией. Он провел все выходные, демонтируя и пряча компоненты оборудования, а затем исчез. Позже он позвонил руководству ЦЕРНа и заявил, что расскажет, где модули, если ему заплатят 2 млн швейцарских франков.

Блазиану в конечном итоге сдался полиции города Бург-ан-Брес на юге Франции и показал, где находятся модули, тщательно спрятанные в разных уголках ЦЕРНа – на чердаке, под полом, за стенами. Персонал считал, что Блазиану свихнулся после разговора с бывшей женой, тоже работавшей в ЦЕРНе в качестве помощника администратора¹³⁷.

Преступление маньяка нанесло серьезный удар по ЦЕРНу: электроника, используемая для управления выведенным из строя ускорителем, была разработана более двадцати лет назад, и документация, описывающая, как должны собираться различные ее узлы, была неполной. Даже если компоненты благополучно выдержали бы испытания, после сборки нужно было тестировать машину как целое.

Блазиану было предъявлено обвинение в краже и попытке вымогательства, а ЦЕРН пересмотрел действующие меры безопасности. Руководство смогло уговорить инженеров поработать в режиме аврала, чтобы побыстрее восстановить поврежденное оборудование диспетчерской. К счастью, машину удалось запустить без значительных задержек.

¹³⁶ Некоторые ученые считают, что истинное поле Хиггса возможно дает энергию для инфляции – экспоненциального расширения ранней Вселенной. См., например, статью: Безруков Ф. и Шапошников М. Бозон Хиггса в Стандартной Модели как источник инфляции. *Physics Letters B*. Vol. 659. Iss. 3,24,2008. P. 703-706.

¹³⁷ Эта история в то время широко освещалась. В Великобритании газета “Independent” опубликовала статью под заголовком “Семейная ссора обрушилась на теорию Большого взрыва”.

Следующей зимой в ЦЕРНе случился еще один случай вредительства¹³⁸. Машину в ту зиму выключали на больший срок, чем обычно, чтобы инженеры, работающие по контракту, успели модернизировать коллайдер – ученые хотели иметь возможность ускорять частицы до более высоких энергий. Когда в июне 1996 года дело дошло до очередного включения LEP, ни один из двух пучков частиц не смог разогнаться должным образом. Сперва это отнесли на счет начальных трудностей, но через пять дней проверки инженеры обнаружили какую-то блокировку на десятиметровом участке двадцатисемикилометрового кольца.

Когда кольцо коллайдера открыли и инженеры ЦЕРНа заглянули вниз в трубу, по которой двигались пучки частиц, они увидели, что там лежат какие-то предметы, похожие на зеленые стеклянные линзы. Инженеры взяли жердь, поддели их и в конце концов вытащили – две пивные бутылки “Хайнекен”! С этикетками, прожженными пучками бомбардировавших их частиц.

Хотя в ЦЕРНе шутили по поводу рекламного слогана “Хайнекен” – “пиво, которое приходит туда, куда другое добраться не может”, но на самом деле это был серьезный акт вандализма. Пришлось вызывать полицию, чтобы снять отпечатки пальцев с бутылок и найти вредителей.

“Злонамеренные вредительства, их всегда следует остерегаться, – говорит Эванс. – Люди иногда делают ужасные, бессмысленные, идиотские вещи, особенно когда ускоритель отключен. Все время нужно быть начеку – кретины и негодяи могут в любой момент сделать гадость”.

Главная цель коллайдера LEP состояла в том, чтобы создавать как можно больше W- и Z-частиц, и она была достигнута. Они вылетали миллионами, так что ученые смогли их тщательно изучить. Кроме того, физики, ученые, работающие на четырех больших детекторах ускорителя, скрупулезно изучали результаты экспериментов, пытаясь найти явные признаки появления бозона Хиггса, и надеялись, что в архиве записей столкновений за десять лет им все-таки удастся увидеть следы осколков, которые, без всяких сомнений, будут свидетельствами рождения долгожданной частицы.

ЦЕРН получил финансирование для LEP до 2000 года, после этого его должны были закрыть, извлечь из земли и заменить гораздо более мощным коллайдером LHC. Когда срок окончания работы ускорителя стал приближаться, техники принялись все больше и больше поднимать энергию пучков, и к весне 2000 года частицы разгонялись в кольце коллайдера уже до энергий гораздо более высоких, чем предусматривалось конструкцией машины. Тем не менее ни в одном столкновении, похоже, неуловимый бозон Хиггса так и не появился.

Отключение LEP означало, что охота ЦЕРНа за бозоном Хиггса прервется по крайней мере на пять лет, пока не будет сооружен коллайдер LHC. На это время группа “Теватрона” в лаборатории Ферми под руководством американских ученых становилась единственной командой, имевшей реальные шансы найти частицу. “Теватрон” временно отключили, чтобы обновить детекторы и улучшить технические параметры машины. Американский коллайдер, как это было и с закрываемым навсегда LEP, ставил своей первостепенной задачей охоту на бозон Хиггса. В ЦЕРНе тем временем ученые давили на руководство, чтобы оно разрешило работать на коллайдере LEP в режиме, далеко выходящем за рамки возможностей его конструкции, надеясь, что бозон Хиггса окажется в зоне досягаемости при работе ускорителя на максимальных энергиях.

За несколько месяцев до запланированного в ЦЕРНе выключения LEP навсегда в одном из детекторов произошел сбой, какого раньше никогда не было. Вскоре и второй детектор задержался. Ученые, работавшие на машине, почувствовали, как их сердца замерли. Эванс помнит, что произошло дальше, так четко, как будто это было вчера. “Мы загнали LEP до предела, поскольку уже готовились отключить его. И тогда все сломалось к чертовой

¹³⁸ Более подробно об инциденте с бутылками пива см. издание ЦЕРНа: *The Aleph experience: 25 years of memories*. 2nd edition. January 2006. и статью: Declan Butler. Two green bottles leave physicists hanging. *Nature*. 27 June 1996.

матери”.

Глава 8

Судный день откладывается

Один из сценариев конца света, который ученые считают настолько маловероятным, что даже исключили его из рассмотрения, выглядит следующим образом: где-то в районе густонаселенного острова Лонг-Айленд непосредственно к востоку от Манхэттена под землей произойдет страшная катастрофа¹³⁹. А вызвана она будет экспериментами на коллайдере. И так, в ускорителе, уже проработавшем без сбоев до этого в течение нескольких лет, ионы золота неоднократно сталкивались друг с другом, при этом выделялось так много энергии, что протоны и нейтроны внутри ионов распадались, испуская потоки кварков и связывающих их частиц – глюонов.

Обычно освобожденные при столкновении кварки потом опять собираются вместе и формируют безвредные субатомные частицы. Но однажды происходит столкновение, отличающееся от предыдущих. На этот раз при рекомбинации кварков случайно образуется необычная частичка материи. Она оказывается выброшенной из основной трубы ускорителя и оседает на одном из гигантских магнитов, окружающих детектор.

Прикрепившись к поверхности, эта новая частица начинает вести себя довольно нестандартным образом – она притягивает и поглощает атомы, которые находятся вокруг нее. По мере того как частица разбухает и увеличивается в размерах, к ней притягивается все больше и больше соседей – их она тоже поглощает. А потом наступает момент, когда эта огромная уже частица падает, не замеченная никем, и проваливается через бетон в землю.

Невидимая и непрерывно растущая частица материи устремляется к центру нашей планеты, преобразуя материю на своем пути и высвобождая достаточное количество тепла, чтобы расплавить камень и руду. Вскоре земля под юго-восточной окраиной Нью-Йорка начинает содрогаться и грохотать. А потом в землю проваливаются города, выкипает океан и наконец со страшным треском раскалывается наша Земля. От нее остается лишь шар горячей материи размером не намного больше крикетного поля Лорда в Лондоне.

Фрэнк Вильчек редко тратил свой летний отпуск на обдумывание подобных, поистине безумных сценариев наступления конца света. Обычно он отправлялся в Нью-Гэмпшир и в уединении наслаждался солнцем и спокойной жизнью вдаль от городской суеты. Там не было телефона, и всем, кому хотелось с ним поговорить, приходилось ждать его возвращения.

Но летом 1999 года все было иначе. Несколькими месяцами ранее в журнале появилась статья под названием “Маленький Большой взрыв”. В ней рассказывалось о релятивистском коллайдере тяжелых ионов (RHIC), неофициально называемом РИКом. Его хотели построить на Лонг-Айленде¹⁴⁰. В RHIC планировалось сталкивать друг с другом ионы золота. С помощью ускорителя ученые надеялись получить и изучить экзотический вид материи, существовавший, как они полагали, на раннем этапе рождения Вселенной.

И вот в редакцию журнала “Scientific American” пришло два письма. В них выражалась обеспокоенность по поводу этого нового коллайдера частиц. Одно из писем было от Майкла Когилла из Британской Колумбии. “Я обеспокоен тем, что физики смело вторгаются туда, куда, быть может, идти совсем небезопасно, – писал он. – Что, если они каким-то образом

¹³⁹ Этот совершенно неправдоподобный сценарий был одной из наиболее диковинных идей, которые физикам пришлось рассмотреть, когда в конце XX века появились протесты по поводу безопасности коллайдеров частиц.

¹⁴⁰ M. Mukerjee. Little Big Bang. Scientific American. March 1999.

изменяет глубинную природу вещей так, что она уже никогда не сможет стать прежней?” Второе письмо пришло от Уолтера Вагнера с Гавайев. Он спрашивал, уверены ли ученые на 100 процентов, что RHIC не создаст случайно черную дыру, которая за считанные секунды поглотит всю нашу планету?

Письма дали старт безумной панике – журналисты принялись писать об опасности, якобы исходящей от физики элементарных частиц. Вопросы их читателей были справедливыми и затрагивали важные научные проблемы, но выводы, которые при этом делались, были почти так же нелепы, как апокалипсический сценарий конца света, описанный выше. Кульминацией сей кампании стал судебный иск, в котором истцы требовали вообще закрыть американские и европейские коллайдеры частиц. В случае их выигрыша об охоте на частицы Хиггса пришлось бы забыть навсегда.

Редакторы журнала “Scientific American” решили получить ответы на вопросы читателей от ведущих ученых в этой области. Первым делом позвонили Вильчеку. Он с удовольствием откликнулся. Незадолго до отъезда в Нью-Гэмпшир он отправил в редакцию свой текст, который должен был появиться вместе с письмами читателей уже в июльском номере журнала.

Вильчек объяснил, почему черные дыры не могут образоваться в РИКе, однако этим не ограничился. Он обсудил также другую умозрительную, но “вполне заслуживающую внимания вероятность” – создание в коллайдере новой стабильной формы материи, называемой странглетами. “Возможно, стоит побеспокоиться по поводу осуществления сценария типа перехода воды в “лед-9” (см.: К. Воннегут, “Колыбель для кошки”), когда странглеты будут расти за счет включения и преобразования обычного, окружающего их вещества. Но даже странглеты-разрушители, если бы и могли родиться, не способны инициировать гибель нашего мира”, – писал Вильчек. Ученый был уверен, что привнес покой в души читателей – ведь он все очень понятно объяснил. Итак, в ближайшее время бояться появления черных дыр под Нью-Йорком совершенно глупо. В конце своего опуса Вильчек предложил читателям интересную абстрактную задачку для тренировки ума. “Я захотел воспользоваться случаем и немного побыть педагогом, – говорил мне Вильчек десять лет спустя. – Появление странглетов – непростая научная проблема, и я рассказал про нее, а чтобы заинтриговать читателей, попытался сказать что-то вроде: ну, если вы действительно хотите о чем-то беспокоиться, беспокойтесь лучше об этом”. Когда текст Вильчека попал в “Scientific American”, редакторы журнала сочли, что он слишком длинный, и сократили около трети¹⁴¹. Правка существенно изменила расстановку акцентов. В отредактированном варианте рассуждения Вильчека о безопасности хщников-странглетов оказались менее убедительными. “Редакторы сделали гораздо менее категоричным утверждение о том, что сценарий со странглетами совершенно неправдоподобен”, – вспоминал позже Вильчек.

Директор Брукхейвенской национальной лаборатории Джон Марбургер услышал, что в “Scientific American” собираются опубликовать вопросы читателей и ответ Вильчека как раз тогда, когда коллайдер готовился к запуску. Марбургер был назначен главой лаборатории годом ранее – ему предстояло принять на себя ответственность за этот важный правительственный объект. То было непростое время для лаборатории – возникла утечка радиоактивных материалов из одного из исследовательских реакторов. Утечка, хотя и вполне безобидная, вызвала громкий шум и волну общественных протестов¹⁴². Взрыв возмущений

¹⁴¹ К сожалению, хотя это и объяснимо, ни редакторы “Scientific American”, ни Вильчек не смогли разыскать оригинала письма.

¹⁴² В январе 1997 года радиоактивная форма водорода, называемая тритием, была обнаружена в грунтовых водах к югу от реактора High-Flux Beam Reactor (HFBR) Брукхейвенской национальной лаборатории. Концентрация трития превышала государственные и федеральные стандарты для питьевой воды, но только в районе Брукхейвенской лаборатории. Министерство энергетики решило закрыть реактор навсегда в 1997 году, за два года до того, как разгорелся спор по поводу коллайдера РИК.

был столь сильным, что Министерство энергетики приняло решение закрыть тот реактор и провести операции по очистке, стоившие много миллионов долларов.

Марбургер, позднее назначенный советником по науке в администрации президента Джорджа Буша, почувствовал приближение беды. “Scientific American” – очень авторитетный журнал, а Вильчек – известный физик. Местная общественность не доверяла правительству и чиновникам, руководящим лабораторией. Из-за журнальных публикаций – читательских писем и особенно ответа Вильчека – мог возникнуть как минимум публичный конфликт с общественностью, если не более серьезные неприятности. “Я сразу понял – назревает колоссальная проблема, – вспоминал Марбургер. – Даже малая вероятность события, которое способно повлечь разрушение Земли, несомненно, требует серьезного обсуждения”.

Перед тем как тот июльский номер “Scientific American” вышел из печати, Марбургер собрал физиков на совещание. Он попросил их просмотреть все сценарии катастроф, даже нереальных, которые мог бы инициировать работающий коллайдер. “Первый человек, которого я позвал на совещание, был Фрэнк Вильчек, – рассказывал Марбургер. – Моя позиция была такая: ОК, Фрэнк, вы заварили эту кашу, теперь вы должны помочь ее расхлебать”.

Через несколько дней после того, как номер “Scientific American” появился в продаже, поднялась буря. 18 июля лондонская газета “Sunday Times” вышла со статьей под заголовком “Большой взрыв, воссозданный в ускорителе, может уничтожить Землю”. Автор статьи говорил о том, что ускоритель RHIC находится “под расследованием” и что Марбургер поручил экспертам оценить, “может ли реализация проекта ускорителя вызвать катастрофу”. В сопровождающей статью редакционной комментарии подытоживалось: “Итак, люди в белых халатах готовы отправить всех нас, и себя в том числе, на съедение черной дыре, которую они же и сотворят”. Известно, что в летние месяцы британские газеты порой бывают весьма не сдержанны.

Другие средства массовой информации, разумеется, тут же с удовольствием подхватили сенсационную тему. Некоторые называли RHIC “машиной Судного дня”. Пресс-служба Брукхейвенской лаборатории не успевала отвечать на звонки. Кто-то хотел знать, не черная ли дыра, рожденная в ускорителе, сбивает самолет Джона Кеннеди-младшего¹⁴³. Чтобы разрядить ситуацию, Марбургер в своем заявлении напомнил, что ученые не большие безумцы, чем другие люди, и не готовы взорвать себя вместе с окружающим миром.

Все хотели услышать комментарии от Фрэнка Вильчека, но он уже уехал в Нью-Гэмпшир. “У меня там нет стационарного телефона, а мобильных телефонов в то время не существовало. Корреспонденты со всего мира осаждали меня, и приходилось ездить на машине к телефону-автомату – отвечать на их вопросы”, – говорит Вильчек.

Шум вокруг коллайдера сослужил ему не только дурную службу. Статья в “Sunday Times” обеспечила машине рекламу по всему миру. К счастью, за каждой статьей, предсказывающей конец света, шли и другие, более взвешенные и спокойные, объяснявшие публике значение экспериментов в Брукхейвене.

А между тем руководство ЦЕРНа поняло, что европейский ускоритель тоже неизбежно станет мишенью для крикливой группки людей, которые явно демонстрировали желание закрыть все существующие в мире коллайдеры частиц. Гигантской машине LEP оставался только год или около того до завершения эксперимента, и она почему-то все еще не уничтожила мир. Что расстраивало ЦЕРН больше всего, так это перспектива негативного настроения общественности в отношении Большого адронного коллайдера, которому было предназначено стать самым мощным коллайдером частиц в мире. Если его строительство

¹⁴³ Robert Crease. The case of the deadly strangelets. Physics World. July 2000. P. 19-20. Крис цитирует ответ физика на этот вопрос следующим образом: “Ах, такая связь не приходила мне в голову”.

будет заморожено из-за отсутствия общественной поддержки, ученые так никогда и не найдут частицы Хиггса. Множество других теорий также можно было смело выбросить на свалку – туда, где уже покоилось множество непроверенных научных идей...

Эксперименты на ускорителе в Брукхейвенской национальной лаборатории и ЦЕРНе создали прецедент – правительство впервые потребовало от ученых ответить на вопрос, могут ли лабораторные эксперименты разрушить планету. Похожая ситуация возникла только раз в истории – в 1945 году, когда Эмиль Конопинский и Эдвард Теллер, занятые в Манхэттенском проекте, рассчитали вероятность того, что ядерные бомбы выжгут атмосферу Земли. Тогда их расчеты показали: это невозможно, по крайней мере, этого не могли сделать бомбы, имевшиеся в распоряжении людей в то время. Однако Энрико Ферми все-таки устроил тотализатор – наступит ли конец света 16 июля того года, когда на полигоне Тринити взорвут первую атомную бомбу.

Комитеты по безопасности, куда вошли ученые Брукхейвенской национальной лаборатории и ЦЕРНа, просмотрели сценарии, которые считались потенциально катастрофическими для планеты. В их число был включен и сценарий случайного создания опасных странглетов (некоторые разновидности странглетов считаются полностью безопасными), возникновение черной дыры, которая сожрет Землю в мгновение ока; создание магнитных монополей, уничтожающих атомы, и совершенно кошмарный сценарий, носящий кажущееся на первый взгляд безобидным имя “вакуумный распад”.

Ссылка Вильчека на “лед-9” отсылала к знаменитому роману Курта Воннегута “Колыбель для кошки” (1963). в котором описывается гибель мира из-за поглощения всей воды на планете альтернативной, более стабильной формой льда, случайно изобретенной военными. Твердый лед-9 создавался для того, чтобы избавиться от грязи, в которой увязали солдаты и армейские транспортные средства. Один кристаллик льда-9, брошенный в жидкую грязь, становится центром кристаллизации – зародышем, за который цеплялись окружающие молекулы воды; они замораживались, превращаясь в новую кристаллическую структуру, твердую как дерево. В отличие от обычного льда лед-9 не таял до температуры 45,8 градуса по Цельсию.

За год до выхода “Колыбели для кошки” ученые в России создали нечто подобное льду-9, и это вызвало панику. Химик Николай Федякин работал в одном из костромских институтов. Он изучал поведение воды в тонких стеклянных капиллярах. Однажды он рассматривал капилляры, наполовину заполненные водой, и заметил, что на поверхности обычной воды появились отдельные пятнышки “другой” воды. С течением времени они разрастались за счет обычной воды под ними. Измерения показали, что эта новая вода намного плотнее, чем обычная. Федякин был ошеломлен. Его опыты указывали на существование новой фазы воды, способной образовываться из обычной при контакте с ней, более того, она, эта новая, неизвестная ранее фаза, оказалась более стабильной!

Большие открытия обычно недолго остаются запертыми в стенах лабораторий. Когда поползли слухи об открытии, опыты Федякина перепроверили в Москве, там за это дело взялся крупный советский ученый Борис Дерягин. Дерягин, известный своей педантичностью и дотошностью, повторил эксперименты Федякина и пришел к тем же выводам. Он объявил об открытии “аномальной воды” – новой и ранее неизвестной фазы самой важной жизни на Земле жидкости¹⁴⁴.

Надо отметить, что мировая научная общественность была настроена весьма скептически, но команда ученых из Бюро стандартов США опубликовала исследование, в котором подтверждались выводы россиян! Американские ученые изучили поглощение инфракрасного излучения аномальной водой и убедились, что оно отличается от поглощения обычной водой. Более того – они пошли дальше и назвали жидкость поливодой, потому что считали, что она – гель, в котором молекулы воды соединившись друг с другом, образовали

¹⁴⁴ Вся история дана в кн.: Felix Franks. Polywater. MIT Press, 1981.

полимерные цепочки и гексагональные кольца.

Казалось, поливода имеет некоторое неприятное сходство с воннегутовским льдом-9. Кое-кто из ученых думал, что она стабильнее обычной воды и плавится при более высокой температуре, чем лед. Если бы это было так и такой лед был создан и сброшен в реку, он мог бы постепенно заполимеризовать всю воду, имеющуюся на Земле. Другими словами, молекулы воды собирались бы вместе и образовывали гигантские молекулы, похожие на полимерные молекулы в пластмассах. Последствия для жизни на нашей планете были бы столь ужасными, что лучше и не думать. В октябре 1969 года журнал “Nature” опубликовал письмо читателя Ф. Донахью из Уилкс-колледжа в Пенсильвании, который потребовал от ученых подтверждения безопасности поливоды. “Последствия ошибки в этом вопросе настолько серьезны, что нас могут убедить только безусловные доказательства ее безопасности, – писал Донахью. – Я считаю, что эти полимеры – самые опасные на Земле материалы. <...> Ученым всего мира необходимо крайне осторожно обращаться с поливодой – как с самым смертоносным вирусом – до тех пор, пока ее безопасность не будет доказана”.

Несмотря на все поразительные эксперименты с поливодой, многие ученые по-прежнему не верили в ее существование. Скептики утверждали, что если более стабильная “полимерная” форма воды действительно существует, то мы, несомненно, уже давно нашли бы ее, этот гель, состоящий из вязких нитей. Великий физик Ричард Фейнман заметил по этому поводу, что за миллионы лет эволюция вывела бы тогда существо, единственным способом выживания которого было бы поглощение и выведение поливоды из организма. А за счет выделявшейся при преобразовании воды в поливоду энергии оно могло бы прекрасно существовать.

Как Фейнман и подозревал, поливода оказалась фикцией. После нескольких лет экспериментальных проверок ученые поняли, что единственное отличие поливоды от нормальной воды – количество содержащихся в ней примесей, в основном собранных со стенок стеклянных капилляров, в которых она хранилась. Вся эта история с поливодой, с момента ажиотажного открытия до довольно застенчивого закрытия, длилась всего десятилетие.

Опасения, что поливода заполимеризует все реки и океаны, быстро улетучились, но страхи по поводу всяческих экзотических трансформаций земных веществ – нет. Через несколько лет после того, как шум с поливодой затих, нобелевский лауреат американский физик китайского происхождения Цзун-Дао Ли и итальянский теоретик Джайан Карло Вик предположили, что коллайдеры частиц могли бы с такой силой столкнуть атомные ядра, что они образовали бы стабильную и невероятно плотную форму материи. Ли был так увлечен этой идеей, что предложил экспериментаторам проверить его гипотезу. Для этого только требовалось соединить два ускорителя частиц и попробовать создать некоторое количество такого вещества, направив пучки на мишени.

В Лоуренсовской национальной лаборатории (Беркли, Калифорния) решили проверить эту гипотезу и приступили к работе. Инженеры состыковали два ускорителя так, чтобы один впрыскивал атомные ядра в другой, а тот ускорял их до еще больших скоростей и обрушивал на мишени. К середине 1970-х, когда машина была готова к запуску, ученые не знали, смогут ли они создать “аномальную материю” Ли и Вика. Зато они хорошо знали, что, если ее создадут, она может оказаться опасной.

В мае 1979 года, спустя годы после того, как ускоритель “Бевалак” был запущен, но еще до того, как в нем начали разгонять такие тяжелые ионы, как ионы урана, ведущие ученые собрались в лаборатории, чтобы в обстановке секретности обсудить вопрос о том, могла ли в “Бевалаке” появиться аномально плотная материя Ли и Вика и представляет ли она опасность¹⁴⁵. Снова замаячил на горизонте страшный сценарий льда-9. Если аномальная

¹⁴⁵ Joseph Kapusta. Accelerator disaster scenarios, the Unabomber, and scientific risks. Physics in Perspective, Springer, 2008.

материя более стабильна, чем обычная, даже крошечное ее количество способно вызвать глобальные бедствия, преобразуя все вещество, с которым она вступит в контакт.

Собравшиеся эксперты, среди которых были Цзун-Дао Ли и Бернард Харви, заместитель директора отделения ядерной физики Лоуренсовской лаборатории, провели полтора дня, обсуждая вероятность катастрофического сценария – ведь если она ненулевая, необходимо срочно прекратить эксперименты на “Бевалаке”. Когда совещание подошло к концу, эксперты сошлись во мнении, что аномальная материя не представляет никакой опасности. Гораздо более сильные соударения происходили на Луне в течение миллиардов лет при бомбардировке лунной поверхности космическими лучами. Если бы при этом образовывалась аномальная материя и она была бы опасной, Луны бы уже не было. Но, поскольку с нашим спутником, кажется, все в порядке, ученые заключили, что нет причин для беспокойства и за Землю.

Исследователи и инженеры, связанные с машиной, должны были учитывать кроме глобального еще и личные риски, хотя большинство, несомненно, не верило в то, что им грозит опасность. С конца 1970-х до середины 1990-х годов США пережили серию странных терактов, направленных против ученых и сотрудников авиакомпаний. Агенты ФБР, расследующие эти взрывы, знали, что подозреваемый, которому они дали кличку Унабомбер, испытывает глубокое отвращение к новым технологиям, несущим человечеству еще неизвестные угрозы.

За год до выключения “Бевалака” два физика, Гэри Уэстфолл из Мичиганского государственного университета и Сабул Дас Гупта из Университета Макгилла в Монреале, написали статью для журнала “Physics Today” о достижениях “Бевалака”. В статье рассказывалось и о том, как “за закрытыми дверями проводились встречи, на которых ученые обсуждали, был ли риск катастрофы настолько серьезен, чтобы отменить эксперименты по соображениям безопасности”. И авторы добавляли: “Эксперименты в конечном итоге были проведены, и, к счастью, никакой катастрофы не случилось”.

Когда статья была опубликована, в ФБР стали опасаться, что Уэстфолл и Дас Гупта могут стать следующей мишенью для Унабомбера. Оба были включены в список потенциальных мишеней. Уэстфолл дал свое согласие на то, чтобы его почту проверяли на наличие взрывчатки. Дас Гупта от этого отказался, доверив обеспечение своей безопасности канадской почтовой службе и секретарю университета. Взрывчатку ученым так никто и не послал.

Унабомбер был арестован примерно через год. Им оказался Теодор Качинский, математик, окончивший Гарвард, позже – профессор Университета Беркли в Калифорнии. В то время он уже жил отшельником в лачуге в штате Монтана и оттуда организовывал взрывы. Его арестовали после того, как брат Качинского обнаружил знакомые стилистические особенности в восьмистраничном манифесте, опубликованном двумя крупными газетами. В этом манифесте Унабомбер задавался вопросом о том, какая мотивация была у Эдварда Теллера при разработке водородной бомбы, и предупреждал: “Технофилы совершенно безответственно отправляют нас всех в путешествие в неизвестное”.

К тому времени, как коллайдер РИК в Брукхейвенской лаборатории был готов к запуску, паника по поводу аномальной материи Ли и Вика уже прошла. Но статья Вильчека в “Scientific American” уверила людей, что теперь роль чудовища, угрожающего миру уничтожением, готовы взять на себя ненасытные мародеры-странглеты. Ученым пришла в голову идея о странглетах, когда они размышляли о том, что произойдет, если протоны и нейтроны внутри атомных ядер сдавить экстремально большим давлением. Такое могло бы случиться в природе – к примеру, в центре нейтронных звезд, которые образуются, когда обычные звезды взрываются и коллапсируют под действием собственной гравитации. Нейтронные звезды – поразительно плотные объекты: чайная ложка вещества, взятого из

ядра такой звезды, может весить около 100 миллионов тонн.

Нормальные протоны и нейтроны состоят из двух видов кварков, называемых верхними и нижними кварками, но ученые подозревают, что некоторые из них при высоком давлении могут перейти в третий вид – странные кварки. Образующаяся смесь кварков называется странглетом. В 1984 году Эд Виттен, физик из Института перспективных исследований в Принстоне, которого многие полагали преемником Эйнштейна, рассчитал, что, если только странглеты будут созданы, они останутся стабильными, даже если убрать огромное давление, необходимое для их образования. Своей статьей он заронил опасения в душах читателей: окажись странглеты более стабильными, чем обычная материя, они смогут запустить сценарий типа льда-9, описанный Вильчеком!

Комиссия по безопасности в Брукхейвенской лаборатории и ЦЕРНе обнародовала подробные теоретические обоснования того, почему ни на одном коллайдере не нужно бояться образования странглетов¹⁴⁶. Аргументы приводились следующие: если странглеты вообще могут существовать, их трудно создать, а если их все-таки получают, то они будут нестабильны. А если им удалось бы задержаться в этом мире дольше, чем ожидалось, они почти наверняка были бы положительно заряжены и потому не смогли бы притянуть атомные ядра и поглотить их.

До сих пор от ученых поступали уверения в безопасности ускорителей, основанные только на теоретических расчетах. Гарвардские физики Шелдон Глэшоу и Ричард Уилсон сформулировали общую неудовлетворенность этим положением вещей в статье, опубликованной в “Nature” в декабре 1999 года: “Если странглеты существуют (что вполне вероятно), и если они образуют достаточно стабильные кластеры (что вряд ли), и если они заряжены отрицательно (опять вряд ли – все теории уверенно предсказывают, что их заряд положителен), и если крошечный странглет будет создан на RHIC (что чрезвычайно маловероятно), то тут как раз мы и столкнемся с серьезной проблемой. Новорожденные странглеты могут поглотить атомные ядра, начать бесконтрольно расти и в конечном счете сожрать Землю. Одних слов “вряд ли”, хоть и многократно повторенных, все равно недостаточно, чтобы умерить наши страхи перед этим вселенским бедствием”.

Дабы придать силу и убедительность своим выводам, члены Комиссии по безопасности отметили, что природа уже за нас провела эксперименты на “космическом RHIC”. Космические лучи содержат ионы металлов, мчащиеся почти со скоростью света. Они врезаются в минералы, расположенные на поверхности Луны, в астероиды и в свободно движущиеся ионы в облаках межзвездной пыли и газа. Если бы опасные странглеты легко образовывались при столкновениях, они уже существовали бы в межзвездном пространстве.

Как и панику по поводу образования в “Бевалаке” аномальной материи Ли и Вика, страхи перед вредоносными странглетами успокаивали с помощью космических аргументов. Действительно, если за 5 миллиардов лет бомбардировки космическими лучами Луна не была съедена странглетами и не превратилась в гигантский кластер аномальной материи, вряд ли столкновения на RHIC в течение пяти лет повредят Земле. Еще один довод нашелся при анализе судеб астероидов. Действительно, если бы космические лучи создавали “астероидов-убийц”, превращая их в кластеры странглетов, некоторые из них неизбежно упали бы на Солнце или другие звезды и уничтожили бы их. Но как внимательно ученые ни рассматривали видимые в телескопы 70 миллиардов триллионов звезд, никаких других способов их умирания кроме взрыва сверхновой так и не заметили – ничего похожего на поедание странглетами!

¹⁴⁶ Несколько статей и докладов по этому вопросу были крайне полезны. Вот наиболее близкие по теме: Cern LHC safety assessment group. Review of the safety of LHC collisions. Journal of Physics G, September 2008; Study of potentially dangerous events during heavy ion collisions at the LHC: Report on the LHC safety study group. Cern document, 28 February 2003. Обзор, выпущенный Брукхейвенской лабораторией, содержит детальный анализ этих вопросов. ‘Review of speculative “disaster scenarios” at RHIC’ появился в первоначальной форме 28 сентября 1999 года, а в обновленном виде – 14 июля 2000 года.

Однако ученые ЦЕРНа все-таки проделали расчеты, дабы понять, с какой вероятностью можно ждать от Большого адронного коллайдера подобного неприятного сюрприза.

Наше собственное Солнце постоянно подвергается ударам космических лучей, имеющих энергию по крайней мере не меньшую, чем энергия пучков частиц при столкновениях на БАКе. Приняв во внимание количество звезд в наблюдаемой части Вселенной, ученые оценили, что с начала существования Вселенной природа провела в 1031 раз больше экспериментов, чем предполагается провести за всю жизнь БАКа (около 20 лет). Более того, каждую секунду совокупное воздействие космических лучей на далекие звезды в 10 триллионов раз больше, чем воздействие частиц, получаемых в ускорителе.

Из всех видов катастроф, которые рассматривали ученые в Брукхейвенской лаборатории и ЦЕРНе, наибольшее внимание средств массовой информации привлекло образование черной дыры, проглатывающей нашу планету целиком. Обе группы решительно опровергли возможность такого развития событий. Чтобы создать обычную черную дыру, коллайдеру нужно сжать невообразимо большое число частиц в столь крошечный объем, чтобы гравитация заставила бы этот кластер материи самопроизвольно сколлапсировать. Но ни один из существующих ныне в мире коллайдеров (как, впрочем, и все другие, которые могут быть построены в обозримом будущем) на такое не способен, а потому обе команды решили не тратить слишком много времени на обсуждение этого сценария.

Нужно оговориться, что, когда ученые отвергли возможность создания в ускорителе черных дыр, они предполагали, что уравнения Эйнштейна – последнее слово в теории гравитации, однако едва ли это так. В некоторых новейших теориях предполагается, что природа имеет скрытые размерности, свернутые (компактизированные) таким образом, что мы не можем их видеть. Правда, до сих пор нет свидетельств того, что мы живем в мире более четырех измерений (три пространственных плюс время), но, если дополнительные измерения все же существуют, в современных коллайдерах частиц вполне могли бы родиться микроскопические черные дыры.

Но и тогда, убеждают нас ученые, нам нечего бояться. В 1975 году кембриджский космолог Стивен Хокинг показал, что черные дыры испускают тепло. Чем меньше их размер, тем больше тепла они теряют. Согласно теории, которая допускает дополнительные измерения, черные дыры, созданные на БАКе, будут космическими крошками диаметром около 10-15 миллиметров. При таком размере они будут экстремально горячие – примерно в миллиард раз горячее, чем вещество в центре Солнца. Хорошая новость заключается в том, что эти черные дыры будут терять тепло так быстро, что в мгновение ока испарятся.

Другой сценарий потенциальной катастрофы, который, впрочем, физики легко опровергли, – создание на ускорителе магнитных монополей. По оценкам Алана Гута, эти поистине странные частицы слишком тяжелы, чтобы их можно было создать даже в самом мощном ускорителе. Самой тяжелой из когда-либо рожденных на коллайдере частиц был обнаруженный в 1995 году на “Теватроне” истинный кварк – он весит около 170 ГэВ. Магнитные монополи, если они существуют, скорее всего, тяжелее более чем в триллион раз.

Ради интереса Комиссия по безопасности ЦЕРНа проанализировала, какой ущерб магнитный монополь мог бы нанести, появившись он в их ускорителе. В некоторых теориях утверждается, что магнитные монополи опасны тем, что они преобразуют протоны и нейтроны в электроны, позитроны и другие частицы – по существу, испаряют обычную материю. Однако группа ЦЕРНа подсчитала, что магнитный монополь успеет уничтожить лишь полграмма обычной материи до того, как освободившаяся при этом энергия утащит его в космос.

Во всех этих сценариях Судного дня молчаливо предполагается, что, какой бы из них ни реализовался, ничего хуже себе представить нельзя. Конечно, это верно для людей и миллионов видов живых существ, которые живут рядом с нами на Земле. Но в четвертом сценарии Судного дня ученым пришлось рассмотреть еще более трагичный сценарий, чем разрушение нашей планеты и гибель всех ее обитателей. Речь идет о вакуумном распаде, не оставляющем никакой надежды на возникновение жизни в огромных областях пространства!

Для ученого середины XVII века вакуум – это то, что получается, если приделать один из только что изобретенных тогда насосов к стеклянному сосуду и напрячь весь свой интеллект, чтобы заставить эту чертову штуку работать. Проявив упорство, естествоиспытатель мог удалить весь воздух и получить по-настоящему пустой сосуд – контейнер, полный абсолютного ничто.

Для современных ученых вакуум далеко не пуст. Он содержит множество невидимых мощных полей и связанных с ними частиц, которые постоянно появляются и умирают. В этих полях запасена энергия, которую называют энергией космического вакуума Вселенной.

Наиболее стабильное состояние Вселенной – такое, в котором она обладает минимумом энергии. Проблема в том, что ученые не знают, находится ли наша Вселенная в самом устойчивом состоянии или нет. Допустим, энергия вакуума не минимальна, тогда при некотором воздействии он может неожиданно приобрести более стабильную конфигурацию с меньшей энергией.

Вы можете наблюдать аналогичный процесс в реальности, не выходя из вашей гостиной. Когда вы гордо устанавливаете фотографию своей улыбающейся тещи (свекрови) на каминной полке, она (фотография) приобретает определенную потенциальную энергию. Гравитация спит и видит, как бы уменьшить эту энергию, сбросив фотографию вниз в камин. Все, что нужно для этого, – случайное дуновение или слабый толчок, и портрет обожаемой родственницы будет выведен из состояния равновесия и слетит с полки.

Если Вселенная находится в таком же шатком положении – а это страшно важное “если”, – энергичный толчок, при стечении определенных обстоятельств, сбросит ее с “космической каминной полки” вниз, в более стабильное состояние. Ученые из Брукхейвенской лаборатории и ЦЕРНа задались вопросом, может ли энергия, выделенная в коллайдере, например, RHIC или LHC, придать Вселенной подобный толчок? Если бы это произошло, последствия были бы чрезвычайно печальные.

Физик из Гарварда Сидни Коулман умел облекать свои мысли в яркие вербальные образы. Это именно он предложил коллегам порвать в клочья Питера Хиггса с его грандиозной идеей бозонов Хиггса на следующий день после того, как тот выступил на семинаре в Институте перспективных исследований в Принстоне в 1966 году. Коулмана очень заинтриговала перспектива существования человечества в метастабильной Вселенной, которая прекрасно функционирует до какого-то момента, но при хороших (скорее плохих) обстоятельствах может упасть в состояние с меньшей энергией.

Коулман представил, что произойдет, если в некотором уголке Вселенной энергия вакуума по той или иной причине внезапно “упадет с камина” – то есть там произойдет переход из состояния, которое только казалось устойчивым, в гораздо более стабильное. Расчеты показали, что возникший пузырь “истинного вакуума” будет расти с поразительной быстротой. Граница между ним и “ложным” вакуумом старой Вселенной будет двигаться со скоростью света!

Энергия вакуума является основой, на которой строятся законы природы. Если бы она вдруг уменьшилась, законы физики мгновенно изменились бы. Не только мы бы погибли, но и все другие живые существа на Земле. Но Коулман обнаружил и кое-что еще более ужасное. Наш старый мир заменит новая, более стабильная версия, и в этом новом мире уже не будет места для жизни.

Содержание своей одиннадцатистраничной статьи¹⁴⁷, опубликованной в 1980 году, Коулман кратко сформулировал в безусловно одном из самых поразительных абзацев, когда-либо появлявшихся в научной литературе: “Вероятность того, что мы живем в ложном вакууме, всегда была невеселой темой для размышления. Вакуумный распад явился бы завершающей экологической катастрофой; в новом вакууме возникли бы новые

¹⁴⁷ Sidney Coleman and Frank de Luccia. Gravitational effects on and of vacuum decay. Physical Review D. June. 1980.

фундаментальные константы; после вакуумного распада не только жизнь в том виде, какой мы знаем, была бы невозможной, но также не существовала бы и знакомая нам химия. Однако ранее мы находили некое утешение в духе стоицизма; кто знает, вдруг в новом вакууме возникнут со временем если не жизнь, как мы ее представляем, то, по крайней мере, некоторые структуры, способные познать удовольствие. Однако в последнее время стало ясно – это абсолютно нереально”.

Через пару лет после публикации сногшибательной статьи Коулмана Вильчек с коллегой Майклом Тернером попытались выяснить, находится ли наша Вселенная в самом низком энергетическом состоянии. В статье, появившейся в журнале “Nature”, они писали; “...есть небольшая вероятность того, что наш теперешний вакуум находится в метастабильном состоянии, и тем не менее Вселенная долгое время могла предпочесть именно такое подвешенное состояние. В этом случае пузырь “истинного” вакуума может зародиться где-то внутри Вселенной и без предупреждения двинуться наружу со скоростью света”¹⁴⁸.

Так как ничто не распространяется быстрее, чем свет, мы не узнаем заранее, что нас ждет космическая катастрофа. “Вы ничего не заметите. Просто исчезнете, – говорит Вильчек. – Мы все превратимся в розовый туман”.

Пусть мы никогда не узнаем, что нас убьет, но трудно подавить в себе болезненный интерес к тому, как это может произойти, и не попытаться представить, что физически случилось бы с нами и со всем вокруг нас. Одна из возможностей заключается в том, что при появлении этого страшного “нового” вакуума сильное взаимодействие, связывающее частицы друг с другом внутри атомных ядер, вдруг станет более короткодействующим – как это случается с W- и Z-бозонами при включении поля Хиггса, и тогда атомы внутри всего сущего спонтанно распадутся на части. Просто рассыплются.

Несомненно, в этой ситуации требовалось хоть какое-то утешение, и оно появилось – в следующем году, в виде заметки Мартина Риса (который позже стал королевским астрономом Британии и президентом Королевского общества) и Пита Хата, физика из Института перспективных исследований в Принстоне. И опять пример космических лучей сослужил добрую службу, избавив человечество от эсхатологических страхов¹⁴⁹.

Хат и Рис, подчеркнув, что Вселенная отлично выживала с нынешним вакуумом почти 14 миллиардов лет, сделали вывод: для того чтобы произошел распад вакуума, люди должны сделать что-то более ужасное, чем то, что происходило во Вселенной за все время ее существования.

Самые энергичные столкновения частиц на Земле случаются, когда ионы космических лучей сталкиваются с ионами верхних слоев атмосферы. Авторы подсчитали, что в нашей атмосфере каждую секунду происходит около 100 миллионов столкновений с выделением большей энергии, чем в любом современном коллайдере.

Итак, говорили Хат и Рис, Вселенная не настолько хрупкая, чтобы ее можно было бы уничтожить земными коллайдерами частиц. По крайней мере, теперешними коллайдерами. Когда и если они станут в 100 раз мощнее, вопрос снова будет стоять в повестке дня, но пока мы в безопасности. “Мы можем быть абсолютно уверены, что ускорители частиц в обозримом будущем не будут представлять никакой угрозы для нашего вакуума”, – написали ученые в журнале “Nature”. Фраза вселяет оптимизм, хотя так и представляешь себе протестующих, которые лет через двадцать соберутся у ворот ЦЕРНа и будут размахивать плакатами с нацарапанными на них надписями типа: “Руки прочь от нашего вакуума!”

Но это будет не первым случаем подобных демонстраций. В середине 1990-х годов небольшая группа особо активных граждан сильно обеспокоилась тем, что ученые с

¹⁴⁸ Michael S. Turner and Frank Wilczek. Is our vacuum metastable. Nature, Vol. 298. 12 August 1982.

¹⁴⁹ Piet Hut and Martin Rees. How stable is our vacuum? Nature. Vol. 302. 7 April 1983.

помощью включенного после реконструкции коллайдера “Теватрон” “проделают дыру во Вселенной”, и, чтобы этого не случилось, стала пикетировать Фермилаб. Протест тот массовостью не отличался. Лидером демонстрантов был Пол Диксон – психолог из Гавайского университета. Он соорудил большой баннер из простыни и написал на нем, что Фермилаб – “инкубатор для следующей сверхновой”.

Эксперты по безопасности из Брукхейвенской лаборатории и ЦЕРНа и тут использовали аргумент космических лучей, который придумали Хат и Рис, чтобы обосновать неспособность коллайдеров инициировать вакуумный распад. Вопрос безопасности, безусловно, однажды встанет вновь – в будущем, когда будут построены более мощные коллайдеры¹⁵⁰.

Отчет по безопасности Брукхейвенской лаборатории был опубликован в сентябре 1999 года. Отнюдь не предназначенный для широкой публики, он заложил фундамент будущих отношений ученых с общественностью. Его значение, по крайней мере для Марбургера, состояло в том, что он содержал единодушные – и в подавляющем большинстве оптимистичные – выводы четырех ученых, возможно лучших экспертов в мире. Основываясь на этих выводах, Марбургер заверил общественность, что ускоритель RHIC не представляет никакой угрозы для планеты.

Уолтер Вагнер, выразивший в свое время определенные опасения по поводу черных дыр, был одним из тех, кого отчет не успокоил. Он обратился в калифорнийский суд с требованием временного запрета на работу ускорителя RHIC в Брукхейвенской лаборатории. Когда ходатайство было отклонено, Вагнер подал апелляцию. После трех таких исков суд окончательно отклонил его претензии.

Надо сказать, Вагнер – весьма неприятная личность¹⁵¹. Бывший сотрудник службы радиационной безопасности в Сан-Франциско, он частенько бродил по окрестностям, измеряя уровень радиации. Вагнер продирался сквозь кусты, чтобы проверить на радиоактивность черепицу на крышах общественных зданий. Он стучался в чужие двери и, размахивая счетчиком Гейгера, предлагал проверить кафельную плитку в ваннах. На научной конференции Вагнер установил свой стенд, предупреждавший об опасном, с его точки зрения, уровне излучения в местной школе. Государственное Министерство здравоохранения посчитало его лозунги чересчур алармистскими и установило свой стенд рядом со стендом Вагнера, противопоставив свои данные вагнеровским.

Через несколько лет после попытки закрыть RHIC через суды Вагнер попытался применить такую же тактику, чтобы сорвать запуск коллайдера LHC в ЦЕРНе.

Вагнер был в числе тех немногих экстремистов, которые благодаря средствам массовой информации приобрели славу ярых противников коллайдеров. Однако следует заметить, что широкая общественность не полностью уверилась в безопасности ускорителей. Ряд опросов общественного мнения выявили обеспокоенность значимого меньшинства общества этой проблемой (правда, опросы такого рода обычно оказываются или нерепрезентативными, или

¹⁵⁰ В книге “Наш последний век” Мартин Рис пишет: “Хат и я пришли к выводу о том, что пустое пространство не может быть настолько хрупким, чтобы разбиться на части от экспериментов, поставленных физиками на ускорителях. Если бы это было так, то Вселенная не просуществовала бы такое длительное время, и мы бы все здесь не находились. Тем не менее, если наши ускорители станут в сто раз мощнее (что практически невозможно пока из-за финансовых трудностей, но, вероятно, произойдет, если будут разработаны новые умные конструкции), эти проблемы опять возникнут, если за это время мы не научимся благодаря новым полученным знаниям делать более определенные и более обнадеживающие прогнозы на основании чистой теории. Одна из таких умных новых конструкций называется “поле плазменного следа” (лазерного кильватерного ускорения), когда частицы ускоряются до огромных энергий на очень малых расстояниях. Если технологию доведут до совершенства, можно будет строить ускорители размером в разы меньше сегодняшних гигантов.

¹⁵¹ См., например: Justin Berton. Catching rays with radiation man. East Bay Express. 27 August 2003. По данным журнала “People” (от 26 сентября 1977 года), Вагнер провел некоторое время в тюрьме.

в том или ином отношении ошибочными). Ну а Питер Хиггс конечно же считал, что все идеи уничтожения мира с помощью коллайдеров – сущий вздор.

К сожалению, организовать разумные общественные дебаты по вопросам безопасности коллайдеров (как и безопасности исследований в других передовых областях науки, например синтетической биологии и генетики) очень трудно. Люди, которые понимают их лучше всех, занимаются физикой ускорителей, а потому не могут избежать упреков в отстаивании корпоративных интересов. Парадоксально, но самые горластые оппоненты новой технологии часто настолько плохо информированы, что быстро начинают восприниматься, и часто заслуженно, как городские сумасшедшие. В результате вместо нормальной дискуссии возникает иллюзия диалога. Плохо информированные противники оказывают медвежью услугу людям, относящимся к проблемам безопасности с неподдельным интересом и озабоченностью, и таким образом убивают возможность беспристрастного обсуждения рисков.

Именно СМИ были виновны в создании иллюзии серьезного обсуждения вопросов безопасности коллайдеров, противопоставляя специалистов далеким от науки дилетантам. И среди серьезных ученых нашлась пара объективных критиков отчета по безопасности, составленного в Брукхейвенской лаборатории и ЦЕРНе. Однако мало кто услышал их – их доводы напечатаны лишь на страницах специальных журналов.

Джону Марбургеру было хорошо известно, что некоторые из аргументов, приведенных в докладе по безопасности Брукхейвенской лаборатории, не совсем убедительны. К примеру, тот факт, что Солнце и Луна все еще существуют, несмотря на постоянную бомбардировку космическими лучами в течение миллиардов лет, не имеет существенного значения, если катастрофические для человечества процессы в природе возможны в принципе, хоть и очень маловероятны. И это, возможно, редкая удача, что они еще не произошли.

Другая причина запутанности вопроса о безопасности заключается в том, что оценка риска, полученная Брукхейвенской лабораторией, была теоретическим верхним пределом, а его нельзя отождествлять с вероятностью того, что что-то случится. В Брукхейвенском докладе были использованы аргументы, основанные на физике космических лучей, – чтобы доказать, что шанс создания странглетов на ускорителе RHIC после его запуска в течение каждого года работы машины меньше чем два на миллиард. Поскольку машина, как ожидалось, проработает десять лет, шанс, что она уничтожит Вселенную, увеличился до одного на 50 миллионов. Но эта цифра является бессмысленной. Она означает, что, если столкновения на RHICе похожи на те, что происходят в природе, шансы машины устроить Армагеддон никогда не превысят два на миллиард в течение года. Эта цифра может быть в триллионы и триллионы раз меньше, а мы интерпретируем ее как оценку риска, а не его верхний предел, и она воспринимается как малый, но реальный шанс того, что катастрофа произойдет.

Отсутствие доказательств как существования странглетов, так и невозможности их образования во Вселенной сделало проблему еще более запутанной. Известно, что странглетов никогда не видели в коллайдере, несмотря на то что ученые скрупулезно проверили все данные в попытках их обнаружить. Их никогда не видели в числе мчащихся сквозь пространство частиц, их не нашли ни на Луне, ни на другой планете. Не существует и строгой теории, утверждающей, что они должны существовать. Но нет и ни одной теории, опровергающей их существование. В подобной ситуации вообще осмысленный расчет риска создания в коллайдере странглетов, а затем и уничтожения ими планеты бессмыслен.

Марбургер сравнивает эту задачу с задачей об оценке риска быть съеденным неуловимым шотландским лох-несским чудовищем при нырянии в озеро Лох-Несс. Никто никогда не видел (в реальности) чудовище, и все, что нам известно из науки, приводит нас к заключению, что монстр не существует, но законы природы не исключают возможность его существования. Несмотря на полное отсутствие фактов (к счастью для туристических агентств высокогорной Шотландии), верящие в чудовище люди продолжают испытывать страх.

Некоторые оппоненты отчета по безопасности поставили под вопрос также предположение о том, что столкновения космических лучей эквивалентны столкновениям в коллайдерах. Хотя природа организует свои собственные столкновения частиц, направляя космические лучи на планеты и облака межзвездной пыли, они не те же самые, что изучают ученые на Земле. Столкновения могут различаться незначительными параметрами, но об этом трудно судить, когда теория, описывающая частицы, возникающие при столкновениях, настолько несовершенна.

Когда ионы космических лучей врезаются в Луну, их скорости близки к скорости света. Если странглеты возникнут в результате таких столкновений, они должны будут на высокой скорости проделать путь через лунную породу к ее ядру, прежде чем у них появится шанс нанести какой-то вред лунной материи. В коллайдере частицы сталкиваются лоб в лоб в вакууме, так что осколки, созданные при столкновении, движутся медленнее и не взаимодействуют с лунной породой после рождения. Может ли странглет, созданный в этих условиях, быть более опасным, чем странглет, созданный на Луне?

В Кембриджском университете физик-теоретик Адриан Кент открыто оспорил предположения, на которых основывались выводы о безопасности коллайдеров¹⁵². Эксперты Брукхейвенской лаборатории утверждали, что одних аргументов, основанных на аналогии с космическими лучами, достаточно, чтобы гарантировать безопасность экспериментов RHIC. Кент назвал этот довод “очень некорректным”, эксперты Брукхейвена согласились, пересмотрели свой отчет и убрали его.

Кент утверждал, что, в то время как верхний предел риска – один на 50 миллионов – может показаться низким (это примерно четверть шанса на выигрыш джекпота в лотерею Великобритании), при его расчете необходимо принимать во внимание ценность того, что стоит на кону. Если бы что-то пошло не так, как рассчитывали ученые, это могло бы не только сразу уничтожить все население в мире, насчитывавшее тогда 6,7 миллиарда, – у человечества и всех других живущих на Земле видов была бы отнята навсегда возможность возродиться в будущем!

В среде страховщиков считается, что, если есть вероятность одна на 50 миллионов убить 6,7 миллиарда человек, она может рассматриваться как эквивалент ожидания гибели 134 человек. Цифра получается путем умножения дроби, соответствующей риску, на число жизней, поставленных на карту. Конечно, ни один эксперимент, в котором ожидается такое большое количество смертей, не смог бы получить разрешения правительства. Но эксперименты на RHIC получили добро отчасти в силу того, что начальный анализ безопасности, сделанный в Брукхейвенской лаборатории, был слишком оптимистичным. “Насколько мне известно, в Брукхейвене не стали пытаться получить разрешение на эксперименты с учетом пересмотренных оценок, и, кроме того, существенно измененный вариант анализа рисков не был доведен до сведения СМИ и общественности. На мой взгляд, это неправильно”, – прокомментировал Кент.

Играя роль адвоката дьявола, Кент продолжал искать другие изъяны в рассуждениях ученых, которые они использовали, чтобы убедить всех в безопасности коллайдеров. В частности, он нашел еще один возможный сценарий бедствия, о котором никто не задумывался. Обе комиссии экспертов по безопасности утверждали, что положительно заряженные странглеты безопасны, потому что они будут отталкивать окружающие атомные ядра, а не поглощать их. Но что, если один из них умудрится найти некий способ добраться до Солнца? Оказавшись внутри Солнца, он сможет запустить катастрофический сценарий, который уничтожил бы его.

Кент утверждал, что компоненты детекторов коллайдеров могут оказаться загрязненными положительными странглетами (никто не знает, каким образом). Тогда в

¹⁵² A. Kent. Problems with empirical bounds for strangelet production at RHIC. 10 September 2000, arXiv: hep-ph/0009130; A critical look at risk assessments for global catastrophes. 10 December 2003, arXiv: hep-ph/0009204.

переработанном виде они могли бы войти в состав деталей космического корабля, который в один прекрасный день отправится на исследование космоса и в конечном итоге попадет на Солнце. Кроме того, террористы-технофилы могут добраться до каких-нибудь загрязненных материалов и угрожать отправить их в космос, если не выполнят их требований. Кент предположил, что это грозит человечеству Армагеддоном, и предупредил, что “лабораторные материалы, возможно загрязненные положительно заряженными странглетами, представляют собой потенциальную опасность, хотя и небольшую, но о ней нужно все время помнить”. При этом он признает, что любая группа террористов с деньгами и соответствующим знанием о том, как использовать такое оружие, “может реально угрожать и менее экзотической катастрофой”.

Если бы природа провела эксперименты, подобные тем, которые планируется проделать в коллайдерах, теоретические аргументы стали бы весомее. Но даже в этом ученые, не входящие в группы экспертов по безопасности, увидели логические дыры. Действительно, при оценке рисков на основе определенной теории должна приниматься во внимание вероятность того, что эта теория не точна. Если неопределенности в теории достаточно значительны, любая оценка риска на ее основе неправильна. Например, угроза появления черных дыр в ускорителе LHC, как считается, будет минимальной. Обосновывается это тем, что для того, чтобы в современных коллайдерах родилась черная дыра, нужно, чтобы гравитационное поле на микроскопических масштабах вело себя необычным образом. Однако как оно ведет себя на самом деле, пока не ясно. Если все-таки черные дыры образуются, их безвредность основывается на теории Стивена Хокинга, предсказывающей, что они будут излучать тепло и испаряться. Это еще не общепризнанная теория, и детали, конечно, могут измениться.

Перспектива того, что черные дыры могут (с очень малой вероятностью) создать проблему для коллайдера частиц, побудила ученых искать фантастические решения. Если черная дыра и родится, она будет расти очень медленно, что даст исследователям время направить катодно-лучевую трубку на это чудовище и накачать ее электронами. По мере заглатывания частиц в черной дыре будет накапливаться отрицательный заряд. Тогда нужно будет изготовить ловушку в виде ящика с отрицательно заряженными металлическими стенками и поймать черную дыру в нее. Стенки будут ее отталкивать, а если создать там вакуум, она будет спокойно парить в воздухе, пока ученые не разберутся, что с ней делать дальше. Одним из вариантов может быть такой: загрузить ящик в ракету и взорвать в космосе. Ученые, придумавшие это решение, признают, что у него могут иметься недостатки...

Когда поднялась шумиха вокруг безопасности RHIC, Франческо Калоджеро предложил самый лучший способ оценки рисков¹⁵³. Калоджеро – итальянский физик-теоретик, который провел восемь лет в должности генерального секретаря Пагуошских конференций по науке и международным отношениям. Пагуошские конференции – идеальное место для встреч ученых и чиновников из разных стран, где они могут изучать способы разрешения конфликтов и предотвращения эскалации вооружения, причем дискуссии обычно проходят в атмосфере доверия и открытости. В 1995 году Калоджеро принял Нобелевскую премию мира, присужденную совместно Пагуошскому движению и Джозефу Ротблату – физику, родившемуся в Польше и ставшему одним из ведущих сторонников ядерного разоружения.

В 2000 году Калоджеро опубликовал научный доклад, название которого звучит весьма внушительно: “Могут ли лабораторные эксперименты уничтожить планету Земля?” В нем Калоджеро предложил Брукхейвенской лаборатории пригласить две группы ученых: голубая команда занималась бы составлением объективного отчета о безопасности коллайдера, а

¹⁵³ F. Calogero. Might a laboratory experiment destroy the world? *Interdisciplinary Science Reviews*. Vol. 25. No. 3 (2000). P. 191.

красная команда, словно адвокат дьявола, всячески пыталась бы доказать, что эксперимент опасен. Две команды должны в конце концов достичь консенсуса и, если возможно, выработать согласованную оценку риска работы ускорителя.

Калоджеро хотелось, чтобы соревнование двух команд заложило бы основы для объективной и открытой критики, к чему, как он понял, его коллеги большой склонности отнюдь не испытывают. Такой вывод он сделал, запросив экспертные оценки безопасности Брукхейвенского коллайдера. Ответы коллег он охарактеризовал следующим образом: “Многие, а в действительности большинство из них, как мне кажется, больше озабочены реакцией СМИ на то, что они или кто-то еще скажет или напишет о безопасности, чем полной научной объективностью приведенных фактов. Их молчаливое согласие с официальной линией руководства граничит с соучастием”.

Ричард Познер – уважаемый американский судья – в своей книге 2004 года “Катастрофа: риск и ответственность” описал недостатки в оценке риска работы ускорителя RHIC. Он поднял вопрос о беспристрастности ученых, призванных судить о безопасности экспериментов, и спрашивал, какую выгоду общество вправе ожидать, допустив определенный уровень риска. Познер призывает адвокатов повысить свою научную грамотность, хотя и предупреждает, что вряд ли многие из них досконально разберутся в квантовой теории и элементарных частицах, а также в сложностях оценки рисков. Познер считает, что решение таких вопросов должно быть отдано в руки членов постоянного “Совета по оценке рисков возникновения катастрофы”, а тот бы давал красный свет проектам, влекущим “неприемлемый для выживания человечества риск”.

Какие уроки мы должны извлечь из этого? История показывает, что всегда находятся некоторые неизвестные сущности, прячущиеся в теориях ученых и грозящие концом света, а шансы случайного возникновения катастрофы почти наверняка точно никто не может оценить. В далеком прошлом эксперимент, в котором пошло что-то не так, влиял только на тех, кто участвовал в нем или находился поблизости, но это давно уже не так. Опасность, исходящая от странглетов и магнитных монополей, уже исключена из рассмотрения, но из физических теорий могут выглянуть и другие опасности. Как обществу решить, стоит ли позволить ученым провести эксперимент, имеющий минимальный риск возникновения общей катастрофы, или нет? Один из аргументов тех, кто хочет запретить коллайдеры, состоит в том, что, поскольку ускорители приносят прямую выгоду только чистой науке, мы и так слишком многое разрешили. Но это близорукий взгляд на вещи. Эксперименты в области физики высоких энергий уже дали человечеству самые разные технологии, и среди них – абсолютно революционные, такие как Всемирная паутина и лечение рака с помощью облучения ионными пучками. Когда ученые добиваются заметного прогресса в чистой науке, за этим часто следуют технологические прорывы. И в этой ситуации лучшее, на что можно надеяться, – это по-настоящему публичная дискуссия, в которой открыто обсуждаются реальные проблемы. Без этого у общества нет никаких шансов принимать обоснованные решения, и по мере развития науки такой подход становится все более актуальным.

Когда Эмиль Конопинский и Эдвард Теллер стали вычислять, может ли атомный взрыв запустить быстро распространяющуюся реакцию синтеза в атмосфере, у них было достаточно знаний о свойствах атомов воздуха, чтобы быть уверенными в полной безопасности. Их выводы утешали. Тогда их расчеты ознаменовали исторический момент: ученые впервые серьезно отнеслись к тому, что в их власти уничтожить все живое. Марбургер вспомнил этот эпизод, когда публикации в “Scientific American” вызвали всплеск волнений по поводу шансов наступления Судного дня при включении коллайдеров. “У всех на уме была аналогия с испытанием “Троицы”, первой атомной бомбы в мире, – сказал он мне. – Я хотел, чтобы Фрэнк Вильчек имел это в виду, когда писал свою статью”. Испытание “Троицы” 16 июля 1945 года в Нью-Мексико было первой демонстрацией силы ядерного оружия.

Сценарии конца света, которые рассматривали ученые в Брукхейвенской лаборатории и ЦЕРНе, могут показаться нелепыми. Представьте себе: вместо построения коллайдера, что

сопряжено с некоторым трудно оцениваемым риском уничтожения мира, некий злокозненный властитель заставляет ученых построить машину для уничтожения планеты. Сначала у них возникнут споры о том, как это сделать. В конце концов последний вариант машины потребует пересмотра бюджета. И даже если она будет построена, прежде чем заработает как нужно, потребуются доработка ее конструкции. Уничтожение планеты – далеко не тривиальное дело.

Во время разговора с Фрэнком Вильчеком о сценариях конца света я подумал, не слишком ли много высокомерия в ученых, если они считают себя способными уничтожить планету, пусть даже и случайно. Его ответ был отрезвляющим: “Классическая физика была по-своему замечательна, но она не была “фантастической” в том смысле, в котором фантастична современная физика. В квантовом мире все иначе, чем в обычном. Есть огромное количество энергии, запертое в субатомных структурах вещества, и никто, опираясь на повседневный опыт, и близко не может этого представить. Назовите это высокомерием, но вполне вероятно, что, поняв все еще глубже, мы сумеем делать нечто, похожее на волшебство. На каждом этапе, по мере того как открываются и осмысляются новые явления, мы должны учитывать все возможные последствия. И тут, я думаю, нет никаких пределов, может случиться все, что угодно. Вот почему мы должны быть осторожны и ответственны”.

Суэта по поводу сценариев конца света в 1999 году спровоцировала серьезные дебаты относительно роли науки, характера управления рисками и ответственности ученых перед обществом. Но уже ничто не могло отвлечь и остановить физиков в их стремлении к истине. В Фермилабе близились к завершению работы по серьезному обновлению “Теватрона”, затеянного для улучшения его технических характеристик. После переделки машина должна была приступить к своей первой серьезной охоте на бозоны Хиггса. А в ЦЕРНе коллайдеру LEP оставался всего лишь год работы до закрытия, после чего “Теватрон” становился лидером в гонке за неуловимой частицей.

Глава 9 Гордиев узел

В тот самый год, когда человечество получило представление о том, каким может быть конец света, ЦЕРН решил рискнуть. К 1999 году коллайдер LEP уже проработал десять лет. Кончились все отведенные ему сроки. Оставался лишь год до окончательного закрытия ускорителя, и руководители ЦЕРНа разрешили гонять машину в самом форсированном режиме, на который она только способна. У всех перед глазами маячила одна цель – поймать бозон Хиггса, пока не выключили рубильник.

Коллайдер уже один раз переделывали для работы на энергиях вдвое больших, чем та, на которую он был рассчитан, но и в усовершенствованном ускорителе ни в одном столкновении не обнаружилось ничего похожего на частицу Хиггса. Теперь все, что можно было сделать, – это выжимать максимум энергии из дряхлеющей машины и ждать. Если удача все-таки улыбнется ученым, то они увидят неуловимый бозон, полагали руководители ЦЕРНа.

Выжимание еще большей энергии из коллайдера, который уже и так работает на полную мощность, требует творческого подхода. При этом набор средств невелик. Имея дело с такой уникальной машиной, как LEP, нельзя просто повернуть большой переключатель в следующее положение или позвонить в энергетическую компанию и попросить, чтобы вам добавили чуточку мощности. Опять же, для таких машин не написано руководство для пользователей, полистав которое вы легко выполните нужную операцию.

Руководил работами по выведению коллайдера за конструктивный предел Патрик Жано – французский экспериментатор, поступивший на работу в ЦЕРН в 1987 году. Если в Голливуде когда-нибудь захотят снять фильм об охоте на бозон Хиггса (а о ЦЕРНе уже сняли несколько фильмов, правда весьма сомнительного качества), Жано будет находкой для

киношников. Ему около сорока пяти лет, и у него есть все необходимое для супергероя – прекрасная внешность и блестящий ум. Но еще более важна его жизненная позиция. Жано – человек бескомпромиссный и страстный, и не скрывает этого.

Прежде чем попытаться увеличить мощность крупнейшей в мире машины, вы должны знать, что происходит “под капотом”. В 1999 году тем местом, куда можно было пойти и расспросить об устройстве LEP, было строение номер 874, через дорогу от главного кампуса ЦЕРНа. Там располагался мозг коллайдера – центр управления LEP. Отсюда к каждому блоку машины под землей было протянуто оптическое волокно общей длиной более 3000 километров. По нему шли сигналы к машине и обратно в диспетчерскую, где посменно дежурили бригады техников – они неотрывно наблюдали за причудливым танцем сотен тысяч сигналов, непрерывно возникавших на экранах компьютеров.

Жано провел немалую часть 1999 года в диспетчерской. Он беседовал с операторами, слушал их обсуждения, наблюдал, как они работают. Он проник в самые глубинные тайны машины. “Я собрал все сведения, какие смог, чтобы понять, как улучшить работу машины и в конце концов попробовать это сделать, – вспоминал однажды Жано в беседе, происходившей в столовой ЦЕРНа. – Директор по исследованиям поставил передо мной вполне определенную задачу: ввести LEP в режим, в котором мы могли бы обнаружить бозон Хиггса, конечно, если он там был”.

Бозон Хиггса – хитрый зверь, его трудно поймать в ловушку. Частица так неустойчива, живет она всего в 10^{-16} секунды. Это означает, что, даже если эти бозоны появятся в LEP, они исчезнут в мгновение ока. Физики, специалисты по элементарным частицам, говорят, что частица Хиггса не умеет летать, то есть время ее жизни столь коротко, что нет никакой надежды увидеть ее саму в детекторе. Едва родившись, она сразу распадется на другие, менее интересные для физиков частицы, издав метафорическое шипение. Осложняющим фактором является то, что бозоны Хиггса скорее всего никогда не возникают поодиночке. По-видимому, они рождаются вместе с Z-частицами, которые, в свою очередь, распадаются на кучу других частиц. Чтобы найти бозон Хиггса, вы должны идентифицировать треки всех частиц, образованные ими в детекторе, а затем “отмотать пленку” назад и проверить, а не родилась ли какая-либо из этих частиц из неуловимого бозона Хиггса.

Дело это очень непростое. Другие частицы, рожденные в машине, могли подавать сигналы, похожие на сигналы от бозона Хиггса. Например, как только на ускорителе LEP была достигнута энергия 182 ГэВ, что произошло в конце 1997 года, в столкновениях уже выделялось достаточно энергии для рождения двух Z-частиц. Каждая из них может распасться на два кварка, производя в сумме четыре частицы. Если вместе с Z-частицей родился бы бозон Хиггса, и та и другая частицы распались бы на кварки, и в обоих случаях картины треков были бы похожи.

Летом 1999 года большинство теоретиков считало, что масса бозона Хиггса находится где-то в интервале 100-250 ГэВ. При работе LEP в форсированном режиме ученые надеялись изучить всю эту область, кроме того, и в планы физиков входило увеличить мощность машины в 2000 году – последнем году работы ускорителя – до еще больших значений. Были и другие веские причины добиваться получения высоких энергий. Следующей машине ЦЕРНа – Большому адронному коллайдеру – будет трудно найти бозон Хиггса с массой меньше примерно 110 ГэВ¹⁵⁴. В новой машине при столкновениях будет образовываться столько субатомных осколков, что почти невозможно увидеть следы, оставленные такой легкой частицей. В результате фирменная подпись частицы Хиггса скроется среди следов продуктов распада других, гораздо менее экзотичных частиц. Пока LEP еще работал, нужно было проверить весь диапазон энергий, в котором мог скрываться бозон Хиггса, не оставляя

¹⁵⁴ Если масса бозона Хиггса меньше примерно 140 ГэВ, его будет трудно обнаружить на ШС, так как частицы с такой массой, скорее всего, будут распадаться на прелестный (bottom) кварк и антипрелестный кварк, а они рождаются в огромном количестве почти в каждом столкновении. Они просто замажут любой намек на увеличение количества кварков, созданных распадающимися частицами Хиггса.

ни одной бреши. Принимался также во внимание фактор конкуренции. Чем шире интервал энергий, исследованных LEP, тем труднее было американскому коллайдеру “Теватрону” опередить его в охоте на бозон Хиггса. Ученые ЦЕРНа даже придумали лозунг: каждый дополнительный ГэВ, выжатый из LEP, означал дополнительный год поисков частиц Хиггса на “Теватроне”.

Первая крупная модификация LEP заключалась в изготовлении новой охлаждающей системы¹⁵⁵. В некоторых блоках ускорения пучков частиц стали использоваться сверхпроводники – материалы, которые весьма эффективны, если вы можете поддерживать низкую температуру и удерживать их в сверхпроводящем состоянии. В новой системе охлаждения блоки ускорителя погружались в дюары с жидким гелием, охлаждая их приблизительно до -269 градусов Цельсия. (В космическом пространстве температура не может опускаться ниже -273 градусов). Использование сверхпроводников позволило повысить энергию в пучках частиц примерно на 5 процентов.

Последовали и другие усовершенствования. Сняли с полки старые блоки ускорителя, которые в ЦЕРНе уже не использовались, встряхнули, смонтировали и задействовали снова: траектории частиц слегка подстроились, и тогда огромные магниты, используемые для фокусировки пучков частиц, придали им дополнительный толчок энергии. С каждой перестройкой Жано и его команда приближали машину все ближе и ближе к последнему рубежу. Некоторым ученым в ЦЕРНе казалось, будто они – герои сериала “Звездный путь” и летят на звездолете “Энтерпрайз”, а перепачканный маслом Скотти кричит из машинного отделения: “Из нее нельзя выжать больше!”

Когда все было сделано для перестройки ускорителя, команда решила максимально использовать машину, пока она не вырубится. В LEP ускорительные блоки запитывались СВЧ-генераторами, называемыми клистронами. (Клистрон вы можете найти и в вашей домашней микроволновой печи, но там он немного меньше.) В штатном режиме коллайдер работал с большим запасом прочности, и, например, если один клистрон выходил из строя, пара других была под рукой – чтобы обеспечить бесперебойную циркуляцию пучков частиц. Летом 2000 года машина работала уже без каких-либо запасных частей. При выходе из строя одного клистрона вся машина выключалась.

От Жано потребовались немалые усилия, чтобы убедить техников работать в таком неустойчивом режиме. Когда машина выключалась, требовалось время и большая работа, чтобы снова получить пучки и разогнать их. И даже тогда не было уверенности, что пучки, полученные после перезапуска, идентичны прежним. Это напрягало техников, а ученых заставляло нервничать – ведь в их распоряжении было всего несколько минут, чтобы получить как можно больше данных, пока пучки опять не исчезнут.

Тем летом LEP работал в течение двух недель, разгоняя пучки до энергий выше 208 ГэВ. Это время стало одним из наиболее напряженных периодов жизни машины. Клистроны отключались каждые пятнадцать минут, и требовалось по крайней мере полчаса, чтобы снова заполнить машину ускоряющимися частицами. Все уже были на пределе сил, а результатов все не было...

И тут Жано осенила вдохновляющая идея. Он быстро проделал расчеты, прошел в диспетчерскую и предложил операторам пари: если они смогут обеспечить два сеанса работы ускорителя подряд длительностью не менее сорока пяти минут, он тут же разденется догола. Так или иначе, ближайшие два сеанса работы длились пятьдесят одну минуту и час сорок соответственно¹⁵⁶. “Как они это сделали? Ведь такое было просто невозможно!” –

¹⁵⁵ Для повышения производительности LEP в период между 1999 и 2000 годами были сделаны шесть основных усовершенствований. Для подробного объяснения сути каждого и их влияния на энергию пучка см.: P. Janot and M. Kado. Direct search for the Standard Model Higgs boson. *Comptes Rendus Physique*. Vol. 3 (2002). P. 1193.

¹⁵⁶ Более подробный рассказ – в материалах ЦЕРНа: ‘The Aleph experience: 25 years of memories’, 2nd edition, January 2006.

говорил потом Жано. Он прикинул вероятность этого события и получил, что она была почти нулевой! К облегчению персонала диспетчерской, Жано взял свое обещание назад и вместо сеанса стриптиза выставил операторам шампанское.

Коллайдер работал на пределе своих возможностей. С каждой переделкой он, казалось, становился все менее похожим на хорошо отлаженный, точный инструмент и все более – на непредсказуемое дикое животное. Неожиданно он издавал рык страшной силы, а потом через минуту останавливался, будто устав. Внизу в туннеле LEP под действием излучения, испускаемого пучками, некоторые узлы машины даже начали спекаться, приобретая желто-коричневый оттенок¹⁵⁷.

15 июня греческий физик Никос Константинидис вошел на внутренний сайт “Алефа” – одного из четырех больших детекторов коллайдера ЦЕРНа, – чтобы просмотреть последние результаты. Каждое утро детектор автоматически запускал компьютерную программу, которая обрабатывала столкновения предыдущего дня и выносила в отдельный список события, казавшиеся интересными. В то утро она обнаружила любопытное событие¹⁵⁸. Константинидис решил его внимательно проанализировать. Итак, он увидел четыре отчетливых струи частиц, каждая из которых была порождена кварком, образовавшимся при столкновении. После еще нескольких проверок Константинидис определил, что два кварка образовались от распада частиц с массой около 91 ГэВ – это наверняка были Z-частицы. Два других кварка произошли от какой-то еще частицы с массой примерно 114 ГэВ – для Z-частицы она была слишком тяжелой. Константинидис показал результат своим коллегам. По их совету он провел еще несколько проверок. “Я смотрел на это событие, задавал себе вопросы, проверял. Так я провел полчаса, может быть, даже час. И чем больше я смотрел на данные, чем больше проверял, тем больше все это походило на рождение бозона Хиггса. И это было так красиво, так чудесно!” – рассказывал он.

В физике элементарных частиц успех приходит только к очень терпеливым людям. Детектор тогда действительно зарегистрировал нечто вроде последствий распада частицы Хиггса, но единичное мимолетное видение, каким бы прекрасным оно ни было, в физике не значит ничего. Вы должны регистрировать одно и то же событие снова и снова, чтобы убедиться, что это не случайность. Ведь в квантовом мире странные вещи случаются сплошь и рядом.

Правила объявления об открытиях в физике элементарных частиц таковы: перед тем как кричать “Эврика!”, бежать в лаборатории и хвастаться, вы должны быть абсолютно уверены, что ваша новая частица не есть проявление какого-то давно известного эффекта, который неожиданно возник и запутал результаты. Так когда вы можете быть абсолютно уверенными, что открытие произошло? А тогда, когда частица появляется регулярно и регистрируется четко и вероятность того, что это всего лишь флуктуация, менее единицы на несколько миллионов. Эту вероятность можно оценить, сравнивая события, которые вы зарегистрировали (сигнальные события), с большим количеством других, которые вы бы увидели, если бы частицы не существовали (фоном). Для определения степени уверенности в предполагаемом открытии физики используют статистическую величину, называемую статистической значимостью и обозначаемую греческой буквой σ . Если у вас есть отклонение сигнального события от фона, равное 3σ , вы можете заявить об “экспериментальном наблюдении” новой частицы, но квалифицировать открытие как настоящее можно только при значении σ не менее 5. Это значит, что вероятность ошибки

¹⁵⁷ Большинство повреждений возникло у пластмассовой изоляции вокруг кабеля. (См.: H. Schonbacher and M. Tavlet. Absorbed doses and radiation damage during the 11 years of LEP operation. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B. Vol. 217. Iss. 1, 2004. P. 77-96.)

¹⁵⁸ Этот первый намек на Хиггса был записан на детекторе “Алеф” 6 июня 2000 года как часть эксперимента LEP за номером 54698.

менее одного на несколько миллионов. Не существует никаких реальных ограничений на величину σ сверху, любое ее увеличение означает повышение надежности результата.

В конце июня члены группы детектора “Алефа” собрались на обсуждение последних результатов. Константи́нидис с воодушевлением рассказал о событии, которое он увидел и проанализировал. Оно явно выделялось среди всех прочих столкновений. Событие случилось только один раз, но у слушателей появилась надежда – может быть, они наконец вышли на след бозона Хиггса?

Существует традиция секретности среди физиков, работающих на коллайдерах частиц. Каждая группа изучает свои собственные столкновения, проводит свой анализ и делает все возможное, чтобы сохранить свои открытия в тайне от других групп. Но в таких научных центрах, как ЦЕРН, слухи распространяются быстро. Прошло немного времени, и возбуждение, в котором пребывали все в команде “Алефа”, стало достоянием общественности. Патрик Жано выразил чувства многих ученых ЦЕРНа так: “Возникло ощущение, что мы наконец вознаграждены за многие годы ограничений и разочарований. Но если вы – ученый, вы знаете, что в науке правит статистика и результаты приходят и уходят. Вы говорите себе – спокойно, не теряем самообладания. Это наш шанс. Так давайте же используем его”.

Перед физиками “Алефа” встала сложная проблема. Единственное, что им было нужно, это время, а времени у них как раз и не было. Коллайдер LEP планировали закрыть в середине сентября, и оставалась только пара месяцев на то, чтобы еще раз попытаться увидеть сигналы, свидетельствующие о рождении бозона Хиггса.

В июле в ЦЕРНе прошло одно из регулярных заседаний Комитета по экспериментам на LEP, на котором ученые и инженеры, работающие на различных участках машины, обычно делали доклады о ходе работ и обсуждали всякие проблемы. Вдохновленные сигналом, полученным на “Алефе”, группы всех четырех детекторов призвали руководство продлить срок эксплуатации машины на две недели¹⁵⁹. Церновское руководство согласилось и вставило в план двухнедельное продление сроков эксплуатации – по причине чрезвычайных обстоятельств. Коллайдер, сказали ученым, может работать до конца сентября. Закрытое заседание группы исследователей по обсуждению ситуации было назначено на начало сентября.

Церновская команда работала круглосуточно. Ученые опробовали новые методы обработки данных по столкновениям в надежде увеличить шансы обнаружить бозон Хиггса. Операторы обеспечивали работу машины на самом пределе ее возможностей.

На сентябрьском совещании генеральный директор ЦЕРНа Лучано Майани и директор по исследованиям Роджер Кэшмор провели переговоры с другими старшими менеджерами и учеными ЦЕРНа и обсудили состояние дел. С июня команда “Алефа” заметила еще два столкновения, которые были поразительно похожи на то, что Константи́нидис видел 15 июня. Их статистическая значимость была $3,9\sigma$ – значение неплохое и обнадеживающее, но не дотягивающее до того, чтобы претендовать на открытие. Вторая команда исследователей – на детекторе “Дельфи” – также выследила два столкновения, которые могли быть связаны с рождением частицы Хиггса, но они оказались менее надежными. Когда результаты событий, собранных со всех четырех детекторов, были тщательно проанализированы, статистическая значимость появления частицы Хиггса оказалась равной $2,7\sigma$. По критериям, принятым у физиков, этого недостаточно, чтобы квалифицировать событие как доказательство существования частицы.

На волне возрастающего числа свидетельств рождения бозона Хиггса все четыре команды детекторов попросили руководителей ЦЕРНа отсрочить закрытие ускорителя¹⁶⁰.

¹⁵⁹ Протокол 55-го заседания Комитета по экспериментам на LEP от 20 июля 2000 года.

¹⁶⁰ См. протокол специального закрытого семинара Комитета LEP от 5 сентября 2000 года.

Официально LEP оставалось менее четырех недель до остановки, и ученые попросили продлить работу еще на два месяца, то есть выключить машину не раньше первой недели декабря 2000 года. За это время физики надеялись засечь еще несколько следов частиц Хиггса. После заседания Тициано Кампорези, глава команды детектора “Дельфи”, сказал: “Мы не хотим остаться в истории людьми, упустившими частицу Хиггса”. Другой физик из ЦЕРНа, Крис Талли, был полон оптимизма и даже воскликнул: “На горизонте уже появилась частица Хиггса!”¹⁶¹

Руководство ЦЕРНа дало понять, что продлит работу LEP, только если есть действительно “хорошие шансы превращения предварительных экспериментальных наблюдений в безусловные открытия”¹⁶². После долгого обсуждения решились на компромисс – предоставить отсрочку до 2 ноября¹⁶³. Работать дольше нецелесообразно,¹⁶⁴ поскольку это приведет к задержке работ по монтажу Большого адронного коллайдера. Кроме того, полагали руководители ЦЕРНа, даже если бозон Хиггса и находился в доступной области энергий и машина работала бы до декабря, ученые вряд ли успели бы получить достаточное количество столкновений с участием частиц Хиггса для достижения статистической значимости 5σ , необходимой для объявления об открытии.

Слухи о том, что в ЦЕРНе открытие на подходе, распространились далеко за его пределы. И вот однажды, на расстоянии шести тысяч миль от Женевы, на острове Чеджу, недалеко от южной оконечности Корейского полуострова, группа ученых встретилась за ужином. Они приехали на конференцию Cosmo 2000, посвященную проблемам физики элементарных частиц и теориям происхождения Вселенной. Когда разговор зашел о физике, Горди Кейн, директор Мичиганского центра теоретической физики, упомянул, что в ЦЕРНе, возможно, нашли след частицы Хиггса. Обсуждение было прервано звуками, в которых все безошибочно узнали голос Стивена Хокинга, предлагающий Кейну пари. “Бозон Хиггса никогда не будет найден ни на LEP, ни на любом другом коллайдере частиц”, – сказал Хокинг. После такого категоричного заявления Кейн и Хокинг решили заключить пари на сто долларов.

Сомнения Хокинга в возможности найти бозон Хиггса основывались на работе, опубликованной им в 1995 году, в которой он предсказывал, что “виртуальные черные дыры” могут сделать невозможным наблюдение частиц Хиггса¹⁶⁵. Виртуальные черные дыры – любопытные теоретические объекты. Ученым известно, что пары частиц, таких как электроны и их двойники из антивещества – позитроны, – могут внезапно родиться в вакууме из-за квантовых флуктуаций энергии. Виртуальные черные дыры ведут себя

¹⁶¹ Alison Abbott. Cern considers chasing up hints of Higgs boson. Nature. Vol. 407. 7 September 2000.

¹⁶² См. протокол специального закрытого заседания семинара комитета LEP, ссылка приведена выше.

¹⁶³ См. протокол 148-го заседания исследовательского совета ЦЕРНа от 14 сентября 2000 года.

¹⁶⁴ В протоколе 148-го заседания исследовательского совета ЦЕРНа от 14 сентября 2000 года говорится: “Продление работы LEP в 2001 году приведет к задержке запуска LHC на 18 месяцев и будет стоить около 100 миллионов швейцарских франков”.

¹⁶⁵ S. W. Hawking. Virtual black holes. arXiv: hep – th/9510029v, 16 October 1995. В резюме статьи Хокинг утверждает: “Эта потеря квантовой когерентности при низких энергиях очень мала для всего, кроме скалярного поля, что приводит к предположению, что мы никогда не увидим частицы Хиггса”. (Некоторые из процитированных ниже статей можно найти на сайте препринтов ‘arXiv’ в онлайн-репозитории академических статей по математике и физике. К примеру, чтобы найти статью Стивена Хокинга “Виртуальные черные дыры” (1995), нужно набрать ID статьи, то есть hep-th/9510029v1 в поисковой строке на сайте (<http://www.arxiv.org>).

аналогично, но их порождают пространственно-временные флуктуации. Как утверждает Хокинг, существование черных дыр длилось бы всего мгновение, но этого достаточно, чтобы замазать след бозона Хиггса.

Когда Питер Хиггс услышал о пари Хокинга, это не произвело на него особого впечатления. “Хокинг, – сказал он, – механически перенес в физику элементарных частиц идеи гравитации, но ни один физик-теоретик, работающий в области элементарных частиц, не поверит в эти рассуждения. Слова Хокинга звучат несколько самонадеянно, – продолжал Хиггс. – И вообще – я очень сомневаюсь, что его расчеты правильны”.

То, что поначалу выглядело как частные разногласия, некоторое время спустя переросло в публичные стычки¹⁶⁶. На обеде в Эдинбурге Хиггс высказался в неформальной манере о Хокинге, и его слова были услышаны репортером из газеты “Scotsman”. Хиггс сказал, что Хокинга трудно вовлечь в дискуссию и что известный космолог не столь открыт для общения, как другие физики. “Ему, в отличие от других, сходят с рук любые заявления. Его звездный статус обеспечивает ему кредит доверия, которого другие лишены”, – цитирует газета Хиггса. Комментарий от Хокинга последовал незамедлительно. Он сказал: “Я чрезвычайно удивлен эмоциональностью высказываний Хиггса. Очень хотелось бы надеяться, что научные проблемы можно обсуждать без личных выпадов”. Позднее размолвка ученых забылась, но их взгляды на вероятность обнаружить частицу Хиггса по-прежнему расходились.

В начале октября 2000 года в ЦЕРНе состоялось давно запланированное торжество по случаю окончания эпохи LEP. К сожалению, машина так и не подтвердила рождение новых частиц, но с ее помощью предельно точно были измерены массы W- и Z-частиц, а теория элементарных частиц – Стандартная модель – получила более твердое обоснование. Когда торжества начались, менеджеры ЦЕРНа провели еще одно закрытое заседание с участием небольшой группы ученых, чтобы узнать, как продвигается охота на бозон Хиггса. Ситуация за это время существенно не изменилась. Возможные следы частицы были зафиксированы лишь на детекторах “Алеф” и “Дельфи”, и общая статистическая значимость данных, полученных со всех четырех детекторов, в пересчитанном виде оказалась равной 2,5 σ . Последнее продление работы ускорителя, которого ученые добились, дало им возможность увеличить статистическую значимость до 3 σ , что было достаточно, по крайней мере, для объявления о получении “экспериментальных наблюдений” бозона Хиггса. Ученых попросили представить окончательные результаты их работы к 3 ноября.

У сотрудников ЦЕРНа были веские причины осторожно относиться к событиям, в которых, как они подозревали, был зарегистрирован след частицы Хиггса. Считалось, что во всех пяти событиях рождались бозон Хиггса и сопровождающая его Z-частица, и та и другая затем распадались на кварки. Хотя это самый вероятный сценарий рождения и распада бозона Хиггса, он не единственный. Как правило, вероятность такого сценария составляет 70 процентов. Примерно в 20 процентах случаев Z-частица распадается на нейтрино, которые проносятся через детекторы, не оставляя никаких следов. В остальных примерно 10 процентах случаев Z-частица распадается на электроны или их тяжелые двоюродные братья, называемые мюонами. Подозрение вызывало то, что ни один из этих альтернативных сценариев не реализовался в зарегистрированных на LEP событиях, а ведь они должны были наблюдаться в каждом третьем случае, связанном с рождением бозона Хиггса¹⁶⁷.

Несколько недель спустя в среду Росс Бербеко, физик с другого детектора LEP, называемого L3, засиделся в лаборатории. Он собирался сделать последнее усилие перед заключительным совещанием и обработать данные детектора, полученные в течение

¹⁶⁶ Alastair Dalton. Clash of the atom-smashing academics. The Scotsman, 2 September 2002.

¹⁶⁷ Для детального обсуждения различных каналов распада и вероятностей см. статью: P. Janot and M. Kado. Direct search for the Standard Model Higgs boson. Comptes Rendus Physique. Vol. 3 (2002). P. 1193.

предыдущих двух недель. Часы на стене показывали полночь. “Я хотел скорей закончить работу, пойти домой, отдохнуть и позвонить наконец своей подружке”, – рассказывал он¹⁶⁸. Когда всё было закончено, Бербеко, просматривая результаты, обратил внимание на событие, случившееся 16 октября примерно в 10 часов, в которое мог оказаться замешан бозон Хиггса. Здесь, похоже, сработал другой сценарий – реализовался второй по вероятности тип распада, при котором Z-частица распадается на нейтрино.

Число 0,9995, появившееся на экране, заставило Бербеко замереть. Оно вычислялось на компьютере детектора с помощью специальной программы и показывало, насколько столкновения, в которых появились данные осколки, похожи на те, что должны появиться при рождении бозона Хиггса. Число это могло лежать в интервале между 0 и 1, причем 1 – самый лучший результат. Бербеко провел несколько часов, скрупулезно анализируя данные. Он перепроверил свои расчеты, чтобы убедиться, что все сделал правильно. В четыре часа утра он решил, что пора идти спать, но перед уходом послал письмо по электронной почте своему начальнику и предложил ему самому взглянуть на событие.

Вскоре по ЦЕРНу разлетелись слухи о том, что на L3, возможно, увидели бозон Хиггса. Три обстоятельства сделали это событие столь важным. Во-первых, расчеты показали, что если бы это был бозон Хиггса, то он имел бы примерно ту же массу, что и кандидаты в частицы, зарегистрированные детектором “Алеф”. Во-вторых, это могло быть тем самым независимым подтверждением, полученным на другом детекторе, которое развеяло бы любые подозрения в том, что сигналы с “Алефа” связаны со сбоем оборудования. В-третьих, картина события с участием бозона Хиггса на L3 отличалась от той, что была получена на “Алефе”. Все эти обстоятельства свидетельствовали: увиденное событие – именно то, какое следовало бы ожидать, если частица Хиггса действительно существует.

Коллайдеру оставалось работать всего несколько дней, и ученые и инженеры чувствовали, что частицы Хиггса ускользают, почти касаясь кончиков их пальцев. Операторы машин и команды детекторов судорожно готовили весомые аргументы в попытке убедить руководство позволить машине поработать еще, и притом не недели, а месяцы. Они хотели использовать машину все зимние каникулы и гонять ее на еще более высоких энергиях в течение шести месяцев в 2001 году. После реконструкции старых ускоряющих резонаторов они могли бы выжать из LEP более 208 ГэВ, несмотря на то что туннель уже содрогался от начавшихся инженерных работ по постройке преемника LEP, Большого адронного коллайдера. Если бы план осуществился и масса бозона Хиггса оказалась бы равной примерно 115 ГэВ, как это следовало из последних экспериментов, ученые получили бы хороший шанс увеличить статистическую значимость обобщенного сигнала от рождения бозона Хиггса с $2,9\sigma$ до $5,3\sigma$, что сделало бы открытие бесспорным.

Физики разработали соответствующие предложения для руководителей ЦЕРНа, а те их подробно изучили вместе с Комитетом по экспериментам LEP. Согласно статистике шансы того, что события, в которых участвовали предполагаемые бозоны Хиггса, – просто случайные флуктуации, ничего общего с этими частицами не имеющие, составляли лишь 0,2 процента. Тем не менее комитет занял осторожную позицию. Он решил, что шансов на то, что бозон Хиггса спрятался на энергиях 115 ГэВ, не больше чем пятьдесят на пятьдесят. Еще больше усложняло ситуацию то, что, если частицы Хиггса оказались бы чуть тяжелее – например, их масса равна 116 ГэВ, – ученые вряд ли смогли бы однозначно интерпретировать результаты, даже если эксперименты продлятся и в 2001 году. В протоколе появилась осторожная запись: “Если LEP продолжит работу в 2001 году, имеются хорошие шансы на открытие частиц Хиггса”, но этот оптимизм не был безусловным¹⁶⁹. В протоколе совещания следует продолжение: “Даже если зарегистрированные события

¹⁶⁸ Выступление Росса Бербеко в передаче “Границы” на канале BBC Radio-41 ноября 2000 года.

¹⁶⁹ См. протокол 56-го заседания Комитета по экспериментам LEP от 3 ноября 2000 года.

связаны с появлением частицы Хиггса, существует примерно 20-процентная вероятность того, что его масса слишком велика и продление работы ускорителя на один год не позволит однозначно определить, есть ли там бозон Хиггса или нет”. Ученые долго и упорно обсуждали, что делать. Частица Хиггса, казалось, совсем рядом, и свидетельство ее существования прибывало с каждой неделей. Немедленное закрытие ускорителя означало переход инициативы к американскому ускорителю “Теватрону” по крайней мере на пять лет. С другой стороны, продление работы LEP на 2001 год скорее всего привело бы к задержке с запуском Большого адронного коллайдера, значительно более продвинутой машины, с которой связывались все надежды лаборатории. Хотя многие ученые настаивали на том, чтобы ЦЕРН еще в течение шести месяцев не выключал LEP, Комитет по экспериментам так и не смог достичь формального консенсуса в этом вопросе.

В тот день сотни ученых ЦЕРНа набились в главную аудиторию центра, чтобы послушать открытую дискуссию по последним достижениям в охоте на бозон Хиггса. Питер Иго-Кеменес, физик из Гейдельбергского университета и член хиггсовской рабочей группы ЦЕРНа, рассказал аудитории про обнаруженные свидетельства рождения бозона Хиггса с массой 115 ГэВ. Перейдя к заключительному слайду, он остановился, повернулся к аудитории и воскликнул: “Это поистине захватывающая история!” Аудитория разразилась овациями, и эти аплодисменты предназначались всем ученым и инженерам, которые так много сделали в последние дни работы ускорителя. Иго-Кеменес закончил свой доклад слайдом, на котором были представлены доводы в пользу продления сроков работы коллайдера на 2001 год, и добавил: “Результаты четырех экспериментов показали, что поиск бозона Хиггса в рамках Стандартной модели должен быть самым высоким приоритетом, и ЦЕРН не имеет права упустить уникальную возможность совершить открытие”. Затем докладчик перешел к ответам на вопросы.

За день до этого доклада Патрик Жано работал в своем кабинете. Вдруг зазвонил телефон. Это был некий научный сотрудник, друживший с генеральным директором – Лучано Майани. “Поздравляю. Патрик, вы выиграли, – сказал он. – Еще один год. Майани так решил”. То была неофициальная информация, но Жано поверил и пришел в восторг. Он лоббировал продление работы LEP упорнее, чем все остальные. На следующий день Жано зашел в аудиторию ЦЕРНа на доклад Иго-Кеменеса, чтобы посмотреть, там ли Майани. Жано очень хотелось присутствовать при оглашении долгожданного решения. Однако когда начались прения, Майани вместо объявления о продлении работы ускорителя стал с пристрастием допрашивать докладчика о том, что именно наблюдали на детекторе L3. И так ничего и не сказал о продлении на год работы LEP.

Вскоре после окончания доклада Жано еще раз позвонил тот же ученый. Майани сделал разворот на 180 градусов, сказал он. За ночь его точка зрения на продление работы LEP на 2001 год изменилась на противоположную. Жано был обескуражен. “Мой восторг быстро сменился страшным разочарованием. Это был невероятно трудный момент в моей жизни. На восстановление у меня ушел целый год. Целый год мне чего-то не хватало – видимо, того, над чем я так напряженно работал. Ведь, возможно, я нашел частицы, имеющие первостепенное значение для физики, но услышал: “Нет, это уже тебя не касается”. В интервью “New York Times” Жано тогда сказал: “Когда есть шанс оставить след в истории человечества, его, этот шанс, упускать нельзя. И сейчас он в наших руках”¹⁷⁰.

По мнению ряда ученых ЦЕРНа, Майани изменил свое решение после серии бесед один на один со старшими научными сотрудниками центра. Он обсуждал с каждым из них по очереди полученные доказательства рождения частицы Хиггса. В ночь перед докладом Питера Иго-Кеменеса, когда все остальные разошлись по домам, некий физик, работавший на одном из детекторов, вернулся, чтобы сказать Майани, что его ввели в заблуждение относительно события на детекторе L3. Это вовсе не сигнал, свидетельствующий о рождении

170 “New York Times”, 4 ноября 2000 года.

частицы Хиггса, а пустышка.

Сигнал на детекторе L3 формировала Z-частица, которая рождалась одновременно с бозоном Хиггса и распадалась на два нейтрино. Вы не видите нейтрино, потому что они пролетают, не взаимодействуя ни с чем, сквозь детектор, но вы можете ощутить их присутствие по “недостающей энергии”, которую они уносят с собой и которая регистрируется детектором. Этот процесс чрезвычайно трудно отличить от других процессов, где частицы распадаются с образованием высокоэнергетических фотонов, называемых гамма-квантами.

Майани рассчитал ожидаемый фон для сигнала от бозона Хиггса на детекторе L3, создаваемый всеми другими частицами, которые могут дать ложный сигнал. Результат, показывающий вероятность появления ложного сигнала, сказал он мне, заставил его “выругаться как сапожник”, потому что вероятность эта оказалась очень мала, то есть сигнал от бозона Хиггса “должен сильно выделяться. Это заставило меня задуматься, не оседлали ли мы уже Хиггса. Мы обсуждали это снова и снова, – рассказывал он, – но в конце концов я убедился, что у них на L3 бесспорных доказательств рождения Хиггса не получено”. Майани чувствовал, что давление, оказываемое на него учеными, было во многом продиктовано хорошо понятным научным азартом.

Через несколько дней после того, как Иго-Кеменес выступил с докладом в набитой научным людом аудитории ЦЕРНа, ведущие сотрудники центра собрались, чтобы окончательно решить судьбу старого ускорителя. Встреча состоялась на верхнем этаже главного здания ЦЕРНа. Многие рядовые ученые видели в этом заседании свою последнюю надежду. Собравшись в другом здании – через одно от главного, – они смотрели на окна корпуса, где заседали их руководители. В кампусе темнело, заседание затягивалось. “Мы ждали, когда погаснет свет, – это был бы сигнал, что решение уже принято”, – рассказывал один из участников тех событий. Свет горел до полуночи.

Участников совещания больше всего беспокоило то, какое воздействие окажет еще один год работы LEP на сроки ввода в строй Большого адронного коллайдера. Лин Эванс, возглавлявший проект LHC, сказал, что в этом случае график запуска, вероятно, придется изменить. Машина могла быть запущена вовремя и заработать в конце 2006 года, но... при удачном раскладе. Скорее всего, первых столкновений с выделением высокой энергии придется ждать до 2007 года. Было подсчитано, что стоимость работы LEP в течение еще одного года обошлись бы в 120 миллионов швейцарских франков.

Денежные потери не ограничивались только затратами на работу LEP в дополнительное время. При сдвиге в графике строительства LHC ЦЕРН нарушил бы контракт с инженерными фирмами, которые уже начали производить компоненты для нового коллайдера. “Было ясно, что эти компании вчинят нам иск, – рассказывал мне Майани. – Мы должны были бы заплатить их рабочим за то, что они ничего не делали в течение года”.

Следующий вопрос, который обсудил исследовательский совет, – сможет ли американский коллайдер “Теватрон” в лаборатории Ферми открыть частицы Хиггса раньше ЦЕРНа, если LEP закроется. Трудно было с уверенностью что-то утверждать, но менеджеры ЦЕРНа думали, что вряд ли “Теватрон” поймает бозон Хиггса до 2007 года, а к этому времени в ЦЕРНе уже должны были смонтировать и запустить БАК. Но все-таки некоторый шанс, что на американском коллайдере найдут доказательства существования бозона Хиггса до того, как новая машина в ЦЕРНе заработает на полную мощность, был.

Дискуссия, в ходе которой подробно обсуждались все плюсы и минусы продления работы LEP, превратила заседание в марафон. Бозоны Хиггса были важным трофеем для ЦЕРНа – и, вероятно, принесли бы Нобелевскую премию, а доказательства существования частицы множились, и казалось, ее масса действительно лежит в достижимой для LEP области. Отключение LEP оставляло проблему открытой, и трофеем мог достаться ученым с “Теватрона”. Однако многие полагали, что доказательства существования бозона Хиггса не столь весомы, чтобы срывать график запуска БАКа, а цена отсрочки слишком велика.

Некоторые участники совещания напоминали, что сам Комитет по экспериментам не смог достичь консенсуса по вопросу о целесообразности продления работы старой машины. К концу заседания участники разошлись во мнениях – они так и не смогли выработать четкие рекомендации для генерального директора¹⁷¹.

Патрик Жано уже начал собирать подписи ученых ЦЕРНа под ходатайством в надежде убедить руководство отменить решение о закрытии ускорителя. В ходе кампании кто-то из сотрудников послал ему неофициальный график ввода в строй Большого адронного коллайдера. Из него вроде бы следовало, что БАК уже столкнулся с задержками, и, таким образом, функционирование LEP в 2001 году не оказало бы почти никакого влияния на график запуска нового ускорителя. Когда Жано разместил график на своем сайте, ему позвонил кто-то из начальства. “Они велели мне немедленно удалить его с сайта, или я буду уволен”, – рассказал Жано. Майани признал, что уполномочен следить за планом запуска установки, но сказал, что из графика ясно – попытка смонтировать LHC в более сжатые сроки обречена на неудачу¹⁷².

На следующий день после заседания ведущих ученых в ЦЕРНе был выпущен пресс-релиз, и сотрудники центра остолбенели, услышав, что LEP отключен окончательно¹⁷³. Поскольку Майани не получил прямых рекомендаций ни от одного из научных комитетов, с которыми он консультировался, был реализован прежний план: демонтировать LEP и очистить дорогу Большому адронному коллайдеру. Майани перерубил гордиев узел. Сотрудникам не верилось, что они узнают такие важные новости из пресс-релиза. Ассоциация работавших в ЦЕРНе, которая объединяла более двух третей персонала, заявила прямо: “Такие решения не могут приниматься генеральным директором тайно. Видимо, он перестал считать, что нужно прислушиваться к мнению всего научного сообщества”¹⁷⁴. Сила эмоций была столь велика, что это могло повлечь раскол в сообществе физиков, работающих в области элементарных частиц.

Оптимисты ЦЕРНа увидели еще один – последний – шанс на отсрочку, поскольку в пресс-релизе было сказано, что администрация ЦЕРНа не начнет демонтаж LEP, пока не будет получено согласие государств – членом ЦЕРНа. Официальная встреча их представителей ожидалась в одну из пятниц в течение следующих двух недель. Утечки информации о происходящем на совещании начались с первых минут регистрации делегатов. Дитер Шлаттер, руководитель команды “Алеф”, в мейле, посланном членам своей группы, написал: “Печальная новость состоит в том, что демонтаж LEP начнется в понедельник. У меня еще нет официального подтверждения, но от одного из членом комитета совета мы узнали, что, как это стало обычным на последних собраниях комитетов, консенсусное решение не найдено ни по одному вопросу. Таким образом, решение генерального директора по демонтажу остается в силе”. Он закончил письмо словами: “Хотя мечты сбываются не часто, мечтать все же полезно всегда”.

Для Жано это был страшный момент – ЦЕРН убил его самую большую надежду на встречу с бозоном Хиггса. Он предупредил, что ученые с американского “Теватрона” сделают все, чтобы найти частицу прежде, чем заработает Большой адронный коллайдер.

¹⁷¹ Протокол 149-го заседания исследовательского совета ЦЕРНа от 7 ноября 2000 года гласит: “После долгих и трудных обсуждений, в которых были учтены докладные записки от всех коллабораций ЦЕРНа, члены исследовательского совета решили, что не могут согласиться с рекомендациями генерального директора”.

¹⁷² См. примечания конфиденциального совещания Европейского комитета по ускорителям будущего, состоявшегося в DESY, Германия, 30 ноября 2000 года.

¹⁷³ Пресс-релиз ЦЕРНа от 8 ноября 2000 года.

¹⁷⁴ CERN split over collider closure. Physics World, 1 December 2000.

“ЦЕРН будет выглядеть смешно, упустив такую возможность, и его будущее очень мрачно”, – сказал он репортеру британского журнала “Physics World”.

Вернувшись в Мичиган, Горди Кейн написал письмо, вложил в него чек на 100 долларов и отнес на почту. Оно было адресовано Стивену Хокингу в Кембриджский университет. Через несколько лет профессор Хокинг написал мне письмо, в котором заметил, что пари по поводу возможности найти частицы Хиггса с закрытием LEP не закончилось. Поиск продолжается на “Теватроне” в Фермилабе и на Большом адронном коллайдере в ЦЕРНе. Хокинг говорил: “Я думаю, вероятность того, что виртуальная черная дыра сделает невозможным наблюдение частицы Хиггса, очень велика, но, конечно, если частица все-таки будет найдена и я проиграю пари, то конечно же я заплачу 100 долларов”¹⁷⁵. Услышав это, Кейн сказал, что он уверен – в один прекрасный день обязательно получит эти деньги.

Колледж Брасенос так же красив, как и весь Оксфордский университет. Он расположен в нескольких минутах ходьбы от шумного города, в конце аккуратно замощенного булыжником переулка, откуда открывается замечательный вид на площадь с доминирующей на ней Камерой Рэдклиффа – прекрасным зданием XVIII века, когда-то здесь была библиотека. Колледж же еще на 200 лет старше, его каменные стены богато украшены резьбой по камню, оконные проемы изящны, а каждый дюйм газона, окружающего здание, невероятно ухожен.

Роджер Кэшмор, который был директором по исследованиям в ЦЕРНе, когда LEP закрывали, вступил в должность ректора колледжа Брасенос в 2003 году. Он сидит за большим деревянным столом в просторном кабинете, существовавшем уже в те далекие времена, когда Коперник поместил Солнце в центр Солнечной системы. Кэшмор был в эпицентре обсуждений, проходивших в ЦЕРНе при принятии решения о закрытии LEPa. “Всем нам было тогда очень горько”, – говорит он.

Трудность решения состояла в том, что у исследователей оказалось слишком мало свидетельств рождения частицы Хиггса, да и те появились слишком поздно. Ученые утверждали, что LEP должен проработать лишний год, потому что смысл лаборатории в том, чтобы открывать законы новой физики. Если бы бозон Хиггса был найден в 2001 году, ученые не теряя времени могли бы обдумывать следствия его существования в то время, когда монтировались громоздкие части Большого адронного коллайдера. Но как бы то ни было, это решение не могло быть принято только из соображений важности научных открытий.

Позже выяснилось, что за время руководства Майани ЦЕРНом в финансах центра образовалась огромная дыра. О масштабах дефицита – 850 млн швейцарских франков (в то время это составляло примерно 570 млн долларов) – не было известно до осени 2001 года. Майани извинился за то, что так долго скрывал правду, – по его признанию, это случилось потому, что он тогда слишком поддался общему возбуждению, связанному с обнаружением следов бозона Хиггса¹⁷⁶.

“Если бы мы оставили LEP работать дольше и не обнаружили бы ничего интересного и потом нашлась бы жуткая брешь в финансах Большого адронного коллайдера, это могло бы быть... – Кэшмор провел пальцем по горлу. – Это могло бы быть концом всего. Как же все тогда было ужасно, тяжело! Ведь Большой адронный коллайдер не был безусловной данностью. Ему могли перекрыть кислород. Люди бы сказали, что мы безответственные, тратим деньги, которых у нас нет, на совершенно бесперспективные эксперименты. И

¹⁷⁵ Из переписки с С. Хокингом.

¹⁷⁶ Alison Abbott. CERN's head rejects mismanagement claims. Nature. Vol. 413.18 October 2001.

действительно, шансов на успех было мало. Мы могли бы остаться ни с чем. В конце концов мы должны были принять решение: закрывать коллайдер или продолжать на нем работать. Я убежден, что то было правильное решение – закрыть его, но зато мы нажили тысячи и тысячи врагов, – продолжал Кэшмор. – Они могли подкрасться с другой стороны, нанести нам удар в спину. Было множество людей, которые ясно понимали, что закрывать LEP не следует”.

И в Эдинбурге Питер Хиггс решительно поддержал решение о закрытии коллайдера.

Со временем споры вокруг следов предполагаемой частицы Хиггса, найденной на LEP, потеряли свою остроту. После того как машину выключили, ученые внимательно проанализировали все доказательства, собранные на каждом детекторе. И оказалось, что только сигналы с “Алефа” выделялись на фоне других частиц, рожденных в коллайдере. Остальные претенденты исчезли после надлежащей проверки. Общая статистическая значимость упала до $1,7\sigma$ ¹⁷⁷. Если бы это стало известно раньше, решение о закрытии LEP было бы менее драматичным. Последние данные, полученные с LEP, говорили о том, что бозон Хиггса должен весить больше чем 114,4 ГэВ. Наиболее вероятное значение массы, получающееся из анализа сигналов от предполагаемых частиц Хиггса, – 115,6 ГэВ.

Через год после закрытия LEP уже несуществующий коллайдер снова попал на первые страницы газет в связи со статьей, которая заставила многих ученых недоуменно качать головой. Британский журнал “New Scientist” опубликовал статью, в которой утверждалось, что бозона Хиггса вообще не существует!¹⁷⁸ Тему тут же подхватил “Times”, опубликовавший статью, заголовок которой звучал следующим образом: “Частица Бога исчезает, и 6 млрд фунтов стерлингов испаряются вместе с ней”. Автор ее спрашивал общественность, какой смысл в новом крупном проекте ЦЕРНа, Большом адронном коллайдере, если его главная и самая известная цель – плод воображения ученых? Физики в ЦЕРНе пришли в ярость.

То, что произошло потом, напоминает испорченный телефон. В ЦЕРНе работала группа ученых, занимавшаяся электрослабыми взаимодействиями. Интересы этих физиков лежали в области объединения электромагнетизма и слабого взаимодействия. Теория объединения в большой степени основывается на механизме Хиггса. Ученые построили график вероятности обнаружить частицы Хиггса с различными массами, исходя из других физических измерений. График показал, что наиболее вероятная масса частицы Хиггса составляет 80 ГэВ.

История началась, когда Джон Суэйн, член этой черновской группы, рассказал репортеру “New Scientist”, что на LEP исключили более половины значений масс, которые, как они думали, могут иметь частицы Хиггса. Суэйна процитировали следующим образом: “Хиггса скорее нет, чем он есть”. Это была только интерпретация журналистов, Суэйн утверждает, что вообще не произносил такую фразу. Как он объяснил мне позже, говорил он следующее: “Охота на частицы Хиггса похожа на поиски потерянных ключей от дома. Ты переходишь из комнаты в комнату, и вот ты уже обошел более половины дома... В определенном настроении духа ты можешь решить, что ключей в доме вообще нет, а на самом деле твои предположения о том, где они лежат, были, скорее всего, просто неверны”.

Группа видных ученых из ЦЕРНа отправила возмущенное письмо редактору “New Scientist”. В письме они писали, что были удивлены, прочитав статью, поскольку “все наши данные говорят о существовании хиггсовского бозона, который остается одним из ключевых пунктов нашего понимания физики элементарных частиц”.

¹⁷⁷ См. раздел “Search for the Standard Model Higgs boson at LEP”, Physics Letters B. Vol. 565 (2003). P. 61.

¹⁷⁸ Статья “Признаков бозона Хиггса нет”, опубликованная 5 декабря 2001 года, начиналась так: “Легендарной частицы, с помощью которой физики объясняли, почему материя имеет массу, вероятно, не существует”.

На Суэйна обрушился шквал писем и телефонных звонков. На него ополчились коллеги. Позвонили из Финансового агентства США, Национального научного фонда, чтобы выяснить, что происходит. “Множество людей пообщалось со мной, и все они были очень, очень злы”, – говорил Суэйн. Пытаясь минимизировать ущерб, Суэйн подготовил письмо в редакцию “Times”. Он пытался объяснить, что частица Хиггса может оказаться просто на тяжелом краю ожидаемых значений масс и, даже если бозон Хиггса не существует, существует другая частица, выполняющая ту же работу, и она обязательно будет найдена на Большом адронном коллайдере. Письмо не было опубликовано. “Я звонил, писал письма, посылал их по факсу, по электронной почте, всячески. Я написал множество опровержений, но их нигде не печатали”, – говорит он. В конце концов Суэйн сдался и разослал по электронной почте письма всем физикам, которых знал, где объяснял, что его неправильно поняли.

Эта история не повысила доверие ученых к средствам массовой информации, зато предоставила редкую возможность понять, что происходит в умах некоторых физиков, охотящихся на частицу Хиггса. Суэйн получал письма от исследователей, которые говорили, что бозон Хиггса должен существовать, поскольку они потратили на его поиск всю свою профессиональную жизнь. “Они воспринимали это как атаку на символ их веры. Очевидно, даже большие ученые могут зайти в своей вере во что-то очень далеко, – признает Суэйн. – Вера бывает полезна, когда вы что-то ищете, но не забывайте – как бы вам ни нравилась та или иная идея, она может оказаться неправильной. Если бы мы точно знали, как обстоят дела на самом деле, нам не нужно было бы ничего делать”.

Глава 10

В погоне за ветром

Человек, полтора века назад назвавший Чикаго Городом ветров, видимо, был из тех, кто во всем замечает только недостатки. Чикаго – город удивительно красивый, с множеством старинных зданий, замечательных музеев и картинных галерей. А еще здесь какая-то потрясающая атмосфера. Ни один город в радиусе почти тысячи миль не может сравниться с Чикаго. Тем не менее прозвище его – предупреждение для каждого, кто приезжает сюда зимой. Тут действительно бывают такие ветра, что несколько шагов до кафе превращаются в борьбу за выживание – вас проморозит до мозга костей!

Ярмо – финский журналист – как будто готовился к подобным испытаниям. Я встретил его в холле гостиницы, где он сидел, одетый в толстое пальто, в котором не замерзнешь и в Арктике, а на голове его была теплая пушистая шапка, надвинутая на лоб. Все, что я знал о Ярмо, – это то, что он пишет о науке, и согласился подвезти его в Фермилаб, расположенный в сорока милях к западу от города, – Ярмо хотел посмотреть на коллайдер “Теватрон”.

Чтобы добраться до лаборатории Ферми от центра Чикаго, нужно сначала выехать к озеру Мичиган, а затем двинуться по скоростной трассе на запад. После примерно часа езды город исчезает в зеркалах заднего вида, и вы сворачиваете на подъездную дорогу, ведущую в кампус площадью 7000 акров – здесь и расположена лаборатория. Мы приехали туда с Ярмо в феврале 2009 года.

Дорога петляла среди голых зимних деревьев, огибала замерзшие озера и желтые поля, блестящие под припорошившим их утром снегом. И вдруг мы оказались перед гигантской оранжево-коричневой скульптурой – она стояла, широко расставив ноги-спицы, над дорогой. Это 50-футовое творение, напоминающее исполина Талоса, который поджидает аргонатов, – любимое детище первого директора лаборатории Роберта Уилсона. Скульптура имеет три ноги; изящно изгибаясь, они поднимаются вверх от земли, но встречаются друг с другом над дорогой на разной высоте. Замысел предполагает, что, как бы вы ни смотрели на скульптуру, с какой бы стороны ни подошли, она выглядит странной и асимметричной. Но стоит вам

улежся под ней и посмотреть вверх, глазам вашим открывается настоящая красота¹⁷⁹. Создатель этого шедевра словно хочет сказать: симметрия часто является скрытой. Если смотреть снизу, три спицы, выходящие из центра воображаемой окружности, делят ее на равные части. Уилсон назвал скульптуру “Нарушение симметрии” – по названию концепции, на которой основывается механизм Хиггса.

Центр активности в лаборатории Ферми – Уилсон-холл. Это здание похоже, если смотреть сбоку, на гигантскую подставку для тостов, а если спереди – на греческую букву π без верхней крышечки или на две гигантских руки, сложенные в молитве. Уилсон-холл стоит в стороне от “Теватрона”, помещенного в четырехмильный туннель, прорытый на глубине 25 футов под землей.

“Теватрон” был построен для того, чтобы сталкивать протоны и антипротоны внутри двух детекторов: CDF (сокращенное обозначение для названия Collider Detector Fermilab) и DZero (названный по месту его расположения на кольце ускорителя). В конструкции коллайдера есть сильные и слабые стороны. К сильным относится возможность разгонять оба пучка до нужных скоростей с помощью одних и тех же блоков ускорителя, поскольку протоны и антипротоны обладают одинаковыми массами и равными, но противоположными по знаку зарядами. Электрическое поле, разгоняющее пучок протонов в одну сторону, будет разгонять пучок антипротонов в другую. С другой стороны, антипротоны сложно создать и собрать, а еще сложнее образовать из них хорошие пучки.

Первые столкновения на “Теватроне” были получены в 1985 году, но наиболее ценные открытия на этой машине ученые сделали только десять лет спустя. В марте 1995 года физики объявили, что они зарегистрировали t-кварк (истинный) – самую тяжелую элементарную частицу из всех известных нам частиц. Истинный кварк весит около 170 ГэВ, примерно столько же, сколько атом золота. Кстати, теоретики и предсказывали для него примерно такую величину массы.

Через некоторое время (пережив несколько триумфов с традиционным распитием шампанского) физики “Теватрон” остановили – для планового ремонта. Машину усовершенствовали, дабы она могла вдохнуть еще больше энергии в пучки частиц, повысив полную энергию столкновений до 1,96 ТэВ. В основном модифицировали детекторы и блоки ускорителя. Все это было сделано для увеличения интенсивности пучков и в конечном итоге – частоты столкновений до более чем миллиона в секунду.

И вот наконец обновленный “Теватрон” был почти готов к началу охоты на частицу Хиггса, а между тем на черновском LEP получили сигналы, похожие на следы неуловимой частицы. Роберт Розер, один из двух ученых, возглавлявших команду теватроновского детектора CDF, работал там со времен открытия истинного кварка. Когда прошел слух, что в ЦЕРНе, возможно, уже нашли бозон Хиггса, он испытал страшное разочарование. “Мы потратили столько сил на модернизацию установки, чтобы получить возможность выследить бозон Хиггса, и вот, когда у нас наконец все готово, вдруг кто-то выходит и заявляет, что, кажется, уже поймал его, – говорит он, перекрикивая гул от работающего за стенами диспетчерской CDF оборудования. – В глубине души все понимали, что главное – это получить ответ на вопрос, но у нас же есть честолюбие, мы азартны и готовы к конкуренции. И естественно, если вы обагрили установку кровью, полили потом и слезами, то вам хочется получить результаты первыми!”

После того как LEP был выключен, а открытие не состоялось, “Теватрон” остался единственным участником забега. Обновленную машину запустили весной 2001 года, но вскоре стало ясно, что работает она как-то не так. Инженеры изо всех сил боролись с неполадками в ускорителе, но, несмотря ни на что, первые несколько лет он работал на пониженной мощности. Фермилаб подвергли жесткой критике в прессе, и отношения между инженерами, отвечающими за эксплуатацию машины, и учеными, работающими на

¹⁷⁹ Идея предложена Леоном Ледерманом, бывшим директором Фермилаба.

детекторах, стали напряженными. Поиск бозона Хиггса был невозможен из-за того, что в ускорителе не хватало сталкивающихся частиц.

“Трудности роста” “Теватрона” означали, что при более высоких энергиях будет нелегко удерживать пучки на устойчивых фиксированных орбитах. Это снижало точность фокусировки пучков, направляемых в лобовые столкновения. Все кольца направляющих магнитов пришлось перенастраивать по новым показаниям устройств GPS и лазерного наведения. К началу 2005 года ускоритель заработал на полную мощность и уже стабильно сталкивал достаточное количество частиц, что дало ученым надежду наконец увидеть бозон Хиггса.

Как и любые другие специалисты, физики, работающие в области элементарных частиц, едут туда, где для них есть работа. По мере того как ускорители высоких энергий строятся на одном континенте и закрываются на другом, ученые мигрируют туда, где больше шансов открыть что-то новое в науке. С появлением современных способов коммуникации, прежде всего Интернета, для некоторых это перемещение чисто виртуальное – они анализируют результаты столкновений, не выходя из своих кабинетов. Но есть и такие, кто снимается с насиженного места и переезжает, чтобы участвовать в процессе поисков непосредственно.

Джон Конвей как раз относится ко второй категории. Сначала он был экспериментатором в Университете Дэвис в Калифорнии, потом провел годы в ЦЕРНе в команде ученых “Алефа”, которая гналась за частицей Хиггса по поманившему их следу. А затем Конвей вернулся в США, чтобы участвовать в реконструкции детектора CDF в лаборатории Ферми. Чуть позже, в декабре 2006 года, он опять приехал в ЦЕРН, на этот раз чтобы организовать доставку некой уникальной электроники, предназначенной для получения треков частиц внутри компактного мюонного соленоида – CMS (Compact Muon Solenoid) – детектора для строящегося Большого адронного коллайдера. Но Конвею та декабрьская поездка в ЦЕРН запомнилась другим ¹⁸⁰.

Большую часть года его команда выжидала. На детекторе CDF нужно было набрать определенное количество столкновений, а потом проверить, не появились ли признаки рождения частицы Хиггса. На “Теватроне”, согласно теории, в столкновениях протонов и антипротонов могут родиться частицы Хиггса, которые быстро распадутся на две другие, называемые тау-лептонами – тяжелыми кузенами электронов.

Конвей совместно с физиками из Университета Ратгерса в Нью-Джерси разрабатывал программу для детектора CDF, которая вычленила столкновения, выглядевшие как распад частицы Хиггса на тау-лептоны. Сложность была в том, что некоторые другие известные частицы при своих распадах выдают практически такие же сигналы, так что команда понимала, что их программа будет регистрировать много ложных сигналов. Единственный способ понять, есть ли среди них бозон Хиггса, – это узнать об истории столкновений гораздо больше, чем требуется для идентификации других частиц. Не так важно, что частица не будет найдена, по крайней мере, будет известно, в какой области энергий частиц Хиггса нет.

Было субботнее утро, когда Конвею сказали, что необходимые данные с детектора CDF собраны и все проверки выполнены. Настало время, как говорится, “открыть крышку ящика”. Конвей сидел один в атриуме здания номер 40 в ЦЕРНе, где расположены офисы ученых, работающих на детекторах LHC “Атлас” и CMS, и обрабатывал данные на своем ноутбуке. Нажав несколько клавиш, он стал ждать результаты. Когда график наконец появился на экране, Конвей почувствовал, что волосы у него на голове зашевелились. Там оказалось гораздо больше сигналов тау-лептонов, чем ожидалось. “Это было похоже черт

¹⁸⁰ Конвей написал четыре подробных рассказа об этом эпизоде на блоге “Cosmic Variance”, организованном журналом “Discover”. Два из них появились 26 января 2007 года, а последующие 9 марта и 22 октября.

знает на что!” – рассказывал Конвей. Если частица Хиггса была там, то именно так она бы и проявилась!

Нужно было срочно возвращаться в Фермилаб, показать все это безумие коллегам. Конвей позвонил в авиакомпанию. Билетов на завтра не было, но нашелся один на понедельник. Конвей тут же поменял свой обратный билет и отправил мейл команде в Ратгерс – сообщил им о происходящем. Те еще спали, но должны были получить письмо достаточно скоро. Конвей посмотрел вверх, на армированную стеклянную крышу над атриумом. Похоже, в выходные ему отдыхать не придется...

На графике на экране ноутбука Конвея был явно виден пик, выглядевший, как след частицы Хиггса с весом около 160 ГэВ. Конечно, Конвей понимал, что это может быть всего лишь статистическая флуктуация. Физики, занимающиеся элементарными частицами, уже давно хорошенько усвоили одну очень важную вещь – сигнал, который выглядит таким обнадеживающим сегодня, завтра может исчезнуть. Конвей должен был проверить, какова вероятность того, что пик данного размера мог появиться случайно, в отсутствие частицы Хиггса. У физиков имеется испытанный способ расчета, но он не быстрый. Нужно запустить программу, в которой происходит численное моделирование огромного числа мнимых столкновений при условии, что частиц Хиггса нет, а потом смотреть, как часто пик, похожий на открытие, появляется на графике. Если он возникает довольно часто, кричать “Ура!”, пожалуй, пока не стоит.

Конвей объединил все программы, необходимые для моделирования, и добавил дополнительные команды, позволяющие распределить вычисления между двадцатью различными компьютерами. Нажатием кнопки он ввел команды в компьютеры в вычислительном центре Университета Калифорнии и запустил процесс. Теперь оставалось только ждать – для того, чтобы обработать данные и получить ответ, требовалось несколько дней, даже при параллельной работе компьютеров.

Предстояло сделать и кое-что еще. Конвея пригласили прочитать доклад по последним результатам охоты на бозон Хиггса на конференции в Аспене, которая планировалась на январь следующего года. Таким образом, у него было всего четыре недели до каникул на то, чтобы проверить новые данные, подтвердить их и получить добро на публичное оглашение. Эти процедуры в Фермилабе весьма формализованы и очень основательны. Все должно быть оформлено в письменном виде и проведено через два совещания групп, где докладчика закидывают вопросами с такой интенсивностью, что многие физики сравнивают это испытание со спортивной стрельбой.

Естественно, вероятность того, что группа Конвея нашла частицы Хиггса, была невелика. Скорее всего, это был мощный, но случайный всплеск в данных, который исчез бы, как только команда CDF проанализировала бы большее число столкновений. И тогда пик на графике доставил бы много неприятностей. Конвей надеялся рассказать на конференции в Аспене, что его команда, по крайней мере, исключила определенный интервал масс, которые частица Хиггса не может иметь, и тем самым сузила интервал масс, где она может сидеть. Пик на графике сделал бы выводы гораздо менее определенными. Он означал, что для бозона Хиггса нельзя исключить массу 160 ГэВ.

Конвей вернулся в лабораторию Ферми в понедельник и созвал экстренное совещание со своими коллегами Антоном Анастасовым, Кристобалем Алменаром Куэнком и Амитом Латом. Они провели еще одну проверку данных и порадовались, что не сделали никаких глупых вычислительных ошибок, и пик на графике действительно означал, что это либо случайная флуктуация, либо новая частица. Как раз в это время пришел ответ из Калифорнии, куда Конвей отправил данные для расчета на компьютерах своего университета. Вероятность того, что это была случайная флуктуация, оказалась равной 2 процентам!

Первое заседание группы, известное как “предварительное благословение”, прошло без сучка без задоринки. Вскоре вокруг заговорили, что в группе Конвея получили интересный результат. На втором групповом совещании появилось больше физиков, и они “поджарили”

членов команды Конвея, забросав их весьма сложными вопросами. В конце концов группа все-таки получила зеленый свет и окончательное благословение на обсуждение результатов в Аспене, где уже через несколько дней должна была начаться конференция. На конференции Конвей рассказал о поиске бозона Хиггса на детекторе CDF. Он пояснил, что всплеск в данных не позволяет исключить того, что частица Хиггса, если она есть, имеет массу порядка 160 ГэВ, и продемонстрировал тот же самый график, от которого у него зашевелились волосы на голове в ту субботу перед Рождеством в ЦЕРНе. “Это – недоказанный результат, подчеркнул я. Да, у нас есть небольшой пик на графике, и это либо статистическая флуктуация, либо претендент на сигнал от бозона Хиггса, и вы сами, сказал я им, должны решать, какой вариант правдоподобнее”, – вспоминает Конвей.

Несмотря на все предосторожности, предпринятые Конвеем, слухи, что группа, возможно, вышла на след частицы Хиггса, распространились как лесной пожар. “В течение двадцати четырех часов я получал непрерывно мейлы, и кто мне только не звонил! И все хотели знать, увидели мы Хиггса или нет”, – рассказал Конвей.

У физического сообщества были веские причины прийти в возбуждение. Если всплеск в данных Конвея вызван родившейся частицей Хиггса, распадающейся на тау-лептоны, это серьезно изменило бы понимание основных законов природы. Частица Хиггса не обычная частица. Она одна из квинтиплета, существование которого предсказывает теория суперсимметрии. В суперсимметричных вселенных, как мы знаем, каждая частица имеет более тяжелого партнера-невидимку, скрывающегося в тени. Теория эта очень красива с точки зрения математики, но абсолютно противоречит интуиции. Если бы она подтвердилась, это помогло бы физике выйти из депрессии, приоткрыв наконец-то дверь в мир, лежащий за пределами Стандартной модели. И обнаружение суперсимметричной частицы Хиггса могло положить этому начало.

Теоретикам, для которых красота и истина равнозначны, очевидно: природе должно быть стыдно, если она не включила в себя суперсимметрию. Как это часто бывает в физике, важность теории зависит от ее способности к объединению. Максвелл объединил электричество и магнетизм и при этом объяснил природу света. Эйнштейн объединил пространство и время и показал, что энергия и масса эквивалентны. Суперсимметрия, пожалуй, еще более амбициозна – она объединяет материю с силами природы.

Суперсимметричная Вселенная – мечта любого любителя кроссвордов¹⁸¹. Каждая частица – переносчик взаимодействия – имеет свою пару, гипотетическую частицу материи. Фотон, переносчик электромагнитных сил, имеет партнера – фотино. Партнерами глюонов, которые переносят сильное взаимодействие внутри атомных ядер, являются частицы, называемые глюино. А парами носителей слабого взаимодействия, W-и Z-бозонов, – виносы и зиносы. Обратное утверждение тоже справедливо. У каждой известной нам частицы материи есть пара – гипотетическая частица, носитель взаимодействия. Для электрона – селектрон, для кварков – скварк. Бозон Хиггса тоже получает своего собственного суперпартнера хиггсино.

На первый взгляд суперсимметрия кажется трюком, придуманным для того, чтобы представить мир более сложным, чем он есть на самом деле. Но есть серьезные основания считать, что эта теория адекватно отражает глубинную структуру природы. Не касаясь эстетических и лингвистических аспектов, скажем только, что суперсимметрия ликвидирует некоторые изъяны Стандартной модели, из чего следует, что та должна быть заменена на нечто лучшее.

Возьмем частицы Хиггса. В квантовом мире частица Хиггса легко обрастает виртуальными частицами, которые рождаются в вакууме и исчезают в нем. Эти мимолетные

¹⁸¹ Для введения в теорию суперсимметрии см., например, “Nature’s Blueprint: Supersymmetry and the Search for a Unified Theory of Matter and Force”, написанную ученым из Фермилаба Дэном Хупером (Dan Hooper, Smithsonian, 2008). Для более глубокого изучения см. кн.: Steven Weinberg. The Quantum Theory of Fields: Supersymmetry. Cambridge University Press, 2000.

частицы дают вклад в массу самого хиггсовского бозона и могут вполне сделать его вес очень большим. Если сложить массы этих виртуальных частиц, налипших на бозон Хиггса, его вес возрастает более чем в 10^{15} раз по сравнению с тем, что, как предполагается, должен дать эксперимент. Физики называют это проблемой иерархии. Тяжелая частица Хиггса не может выполнять функцию, для которой она предназначена, то есть нарушать электрослабую симметрию. Если Хиггс окажется тяжелым лентяем, ученые будут вынуждены вернуться к своим письменным столам и придумать другой источник происхождения массы.

Вполне возможно, что законы природы столь тонко настроены, что эффекты увеличения веса за счет “налипания” одних виртуальных частиц компенсируются эффектами от налипания других виртуальных частиц, и таким образом бозон Хиггса остается легким. Но это, по мнению ученых, маловероятно. Для того чтобы такое случилось, свойства частиц и сил в Стандартной модели должны быть настроены с точностью, превосходящей пятнадцать знаков после запятой. С какой стати законы природы должны быть так чувствительны к самым незначительным изменениям? Суперсимметрия предлагает выход из тупика. В суперсимметричном квантовом мире именно суперпартнеры отбирают у бозона Хиггса излишек массы, который возникает из-за виртуальных частиц. W-бозон, появляясь на свет, цепляет проносящуюся мимо частицу Хиггса и делает ее тяжелее, и тогда скрытый двойник W-бозона – вино – тут как тут, чтобы отнять этот излишек веса.

Теория суперсимметрии развязывает и другой узел, завязанный в Стандартной модели. Физики считают, что сразу после Большого взрыва все силы природы, с которыми мы сталкиваемся сегодня, были объединены в одну Суперсилу. Когда температура Вселенной уменьшилась примерно до 10^{15} градусов, включилось поле Хиггса и разделило электромагнитные и слабые взаимодействия. Но сильное взаимодействие, которое удерживает кварки вместе внутри протонов и нейтронов, отделилось еще раньше, когда космический термометр показал 10^{28} градусов. В этом и заключается проблема. Ученые считают, что, если повернуть время вспять, к моменту возникновения Вселенной, различные взаимодействия должны в конечном итоге встретиться и объединиться в одно, но в рамках Стандартной модели этого не произойдет. Они подойдут близко, но никогда не сольются. В теории суперсимметрии этой неувязки нет – все силы сходятся в одной точке. Что еще больше вдохновляет физиков, так это то, что теория суперсимметрии указывает путь к объединению этих сил с гравитацией, которая полностью игнорируется в Стандартной модели.

Существует также вероятность того, что суперсимметрия даст ученым возможность разгадать одну из самых трудных головоломок, с которыми они когда-либо сталкивались. Действительно, как-то обескураживает, что сегодня, в XXI веке, мы не можем объяснить, из чего состоит 96 процентов видимой Вселенной. Наблюдения наших космических окрестностей привели ученых к выводу, что до 70 процентов всего, что там есть, связано с темной энергией – таинственной движущей силой, расширяющей Вселенную. Никто не знает, что такое темная энергия, и раскрытие этой тайны – основная цель физики. Стандартная модель описывает только 4 процента всей материи, которые мы можем увидеть в пространстве. Остальное – темная материя. Название это ничего не разъясняет. Темная материя не светит и не испускает тепло, поэтому мы не можем изучить ее строение, анализируя исходящие от нее излучения. Многие теоретики считают, что темная материя состоит из суперсимметричных частиц, называемых нейтралينو, – самого легкого вида частиц, предсказываемых теорией.

Однако не все являются адептами теории суперсимметрии. Критики задают сторонникам теории простой вопрос. Если Вселенная является суперсимметричной, где все суперсимметричные частицы? Почему до сих пор не обнаружены селектрон, фотино или вино? Обычно отвечают, что в реальном мире суперсимметрия нарушается, и это делает частицы-суперпартнеры очень тяжелыми. Подобные доводы не так нелепы, как кажутся на первый взгляд. Хиггсовские поля нарушают симметрию, в основе электрослабого

взаимодействия, в результате чего массы W -и Z -бозонов растут, а фотон остается без массы. Суперсимметрия могла бы быть нарушена аналогичным образом, сделав суперчастицы тяжелее, чем частицы обычной материи.

В лаборатории Ферми Конвей искал частицы Хиггса того типа, который описывается в так называемой минимальной суперсимметричной Стандартной модели (МССМ, суперсимметричном расширении Стандартной модели). Согласно этой теории, существует в общей сложности пять частиц Хиггса, и все они имеют различные веса и суперсимметричных партнеров. Три из них являются нейтральными, а две – заряженными.

Закончив свой доклад в Аспене, Конвей решил покататься на лыжах в сверкающих белоснежных горах, благодаря которым этот город считается одним из самых красивых горнолыжных курортов в мире. На склонах он встретился с Грэггом Ландсбергом, физиком из Университета Браун в Род-Айленде. Ландсберг работал в Фермилабе на детекторе DZero, расположенном на “Теватроне” напротив детектора CDF. Он сказал Конвею, что команда DZero собирается объявить о некоторых новых результатах, которые ему могут быть интересны.

Этот разговор не выходил у Конвея из головы всю оставшуюся часть дня. А вдруг на DZero тоже засекли след бозона Хиггса? Однако в тот вечер Ландсберг развеял его надежды. На детекторе DZero ничего, напоминающего бозон Хиггса, не увидели. Там, где команда Конвея на CDF зафиксировала на графике пик, у команды DZero наблюдался провал. Вероятность того, что хиггсовская частица находится в этом диапазоне, упала почти до нуля.

Делать было нечего, оставалось только ждать. Команде Конвея было необходимо проанализировать большее число столкновений. Если бы этот пик был вызван частицей Хиггса, он вырос бы с течением времени. Если нет, то стал бы уменьшаться и в конечном итоге исчез бы. Команда решила записывать как можно больше столкновений в течение полугода и еще раз взглянуть на результат в конце лета. До этого времени вопрос повис в воздухе.

Редкие физики поняли тогда, что это событие – условное обнаружение частицы Хиггса – может поколебать некоторые из наиболее ценимых учеными неписанных законов. Не физических законов, которые управляют частицами и силами, а социальных, которые управляют действиями ученых. Обычно слухи о предполагаемом открытии в физике элементарных частиц распространялись из уст в уста и по электронной почте и лишь в редких случаях становились достоянием широкой публики. Эпизод с возможным обнаружением Хиггса группой Конвея навсегда изменил этот порядок вещей.

На рубеже нового тысячелетия уже всем стал доступен Интернет, а кто хочет, может даже вести собственный блог. В последние годы ученые стали активно пользоваться этой возможностью. Неудивительно, что они пишут в основном о том, что их заботит. Так, новые явления, обнаруженные на ускорителе, интернет-сообщество стало обсуждать задолго до появления официальных объявлений и публикаций. Это был переломный момент. Наука живет в рамках жестких правил, в частности, согласно этим правилам новые результаты должны представляться общественности только после того, как они прошли рецензирование. Процедура эта необходима для отсеивания вопиющих ошибок и публикации в научной литературе только результатов качественных исследований.

Через несколько недель после выступления в Аспене Конвей поместил описание обнаруженного в данных пика в американском блоге “Cosmic Variance” (“Космические споры”). В двух частях своего яркого повествования он описал волнение, которое охватило всех его сотрудников, когда они увидели всплеск, напоминавший след бозона Хиггса, но дал понять, что это почти наверняка была флуктуация. Интернетовская публикация вызвала шквал откликов. Некоторые ученые желали Конвею удачи или просили уточнить технические детали. Другие просто интересовались. Один читатель спрашивал, может ли частица Хиггса принести какую-то практическую пользу, если ученые наконец ее все-таки найдут. Это побудило Конвея рассказать, как Дж. Дж. Томсон, открывший электроны в 1897

году, считал, что люди никогда не смогут найти им практического применения. Конвей продолжал: “Открытие Хиггса вряд ли будет использовано в практических целях, но оно несомненно приведет нас к новым теоретическим и экспериментальным прорывам, которые породят новые, неизвестные нам сегодня технологии. Вот и Томсон в свое время никак не мог представить себе эру электроники и компьютерных технологий, в которую мы сегодня живем”.

Конвей был не первым, написавшим в Интернете о сигнале, полученном на “Теватроне” и похожем на след бозона Хиггса. Неделями раньше Томмазо Дориго, другой физик с детектораCDF, тоже рассказал в своем блоге об этом и тоже оговорился, что, вероятно, полученный пик – флуктуация¹⁸². Однако Дориго допускал и возможность открытия и даже сослался на другое, независимое исследование столкновений, полученных на детектореCDF, которое тоже, как он считал, обосновывало существование частицы Хиггса весом 160 ГэВ.

Проблемы возникли, когда в дело включились средства массовой информации. В марте того же года журнал “NewScientist” опубликовал статью, основанную на обсуждении результатов в блогах¹⁸³. За ней последовала статья в журнале “TheEconomist”. Через несколько месяцев сказала свое слово и “NewYorkTimes”. Эти газетные публикации оказали сильнейшее влияние на физиков, ведь никто из писавших в Интернете не утверждал, что бозон Хиггса найден, более того, все предполагали, что это скорее всего флуктуация.

Реакция последовала незамедлительно. Ученые критиковали СМИ за преувеличения и недостоверную информацию, которая нередко проникает на страницы газет и журналов, даже если журналисты показывают специалистам свои тексты. Очень часто предварительные выводы, сформулированные со многими сложными для понимания оговорками, приобретают под пером репортера форму утверждения. Ученым всегда трудно примириться с такой трансформацией сказанного ими, и неудивительно, что они часто чувствуют себя как бы соучастниками обмана. Однако в этот раз физики обвиняли не только СМИ – они критиковали Конвея и Дориго за то, что те обсуждали в Интернете столь сомнительные результаты. Мнение большинства состояло в том, что блогеры перешли некую черту дозволенного. “Многих наших коллег действительно очень раздражало, что мы обсуждаем научные результаты в Интернете, – говорил Конвей. – Я ведь думал, что только кучка фанатов-физиков читает наши материалы. Когда же СМИ подхватили то, что мы там понаписали, это стало нам хорошим уроком”. Дориго даже опубликовал в своем блоге открытое письмо с извинениями. “Прошу прощения, поскольку знаю – некоторые из вас чувствуют себя преданными”, – обращался он к членам командыCDF.

Некоторые ученые Фермилаба восприняли всю эту историю как вторжение непосвященных в запретную область. Они хотели проводить совещания и открыто высказывать свое мнение, не боясь, что о нем заговорят в Интернете. Некоторым не понравилось, что результаты были обнародованы до официального рецензирования. Правда, в данном случае все результаты прошли через два уровня внутреннего контроля, были разрешены для публикации в пресс-релизе, и внешние эксперты вряд ли могли найти какие-либо вопиющие ошибки в работе. Пожалуй, самой чувствительной проблемой было то, что в постах, написанных одним человеком, трудно в полной мере разъяснить, что его данные – результат работы многих, иногда сотен людей. Идея ведения блогов, похоже, противоречит духу командной работы, неизбежно выпячивая личность блогера.

Перепалка по поводу этичности ведения блогов закончилась, когда представителями отCDFстали физики Роберт Розер и Якоб Кенигсберг. Розер никогда не считал, что Конвей

¹⁸² Дориго ведет умный и вместе с тем развлекательный блог под названием “Сохранившиеся квантовые дневники” на сайте scientificblogging.com. Упомянутая заметка появилась 19 января 2007 года.

¹⁸³ Смотрите статью “Следы частицы Бога найдены?” в журнале “New Scientist”, 3 марта 2007 года.

или Дориго нарушили какие-то законы, говоря о своих исследованиях в блогах, но был сильно удручен некоторыми публикациями в СМИ. “Это был первый случай, когда статьи были написаны не по материалам научных публикаций, а по постам в блоге, – сказал мне Розер на встрече в диспетчерскойCDF.– Разброс мнений тогда среди физиков был огромный – от “Любая реклама хороша” до “Как мы могли допустить это”.

Оба представителяCDF-детектора совместно выработали правила, определявшие, что можно, а что нельзя писать в блогах. Физики настоятельно призвали не трясти грязным бельем на публике, уважать коллег и не писать в блог о результатах до их официального одобрения. В принципе тот, кто выполнил большую часть работы, имеет право первым сделать ее результаты достоянием общественности, но по общепринятым правилам только то, что утверждено на внутренних совещаниях, может быть обнародовано, причем в любом месте и любым способом. “Все дело в том, – справедливо отметил Розер, – что физики, работающие в области высоких энергий, только сейчас начинают понимать, как нужно вести себя в Интернете”.

В конце лета команда Конвей приготовилась анализировать последние данные по столкновениям на “Теватроне”. Если бы пик остался или ощутимо вырос, это было бы верным признаком того, что бозон Хиггса найден и мы действительно живем в суперсимметричной Вселенной. Когда все проверки были сделаны, Конвей запустил программу. График нарисовался примерно через секунду. Пусто. Пик исчез. Хотя Конвей и ожидал чего-то подобного, он был ужасно разочарован. В своем блоге он подвел итог: “Итак, поиски зверя продолжатся. Матушка-Природа любит поводить нас за нос!”

Тот год был похож на американские горки – взлет, падение, взлет, падение. Позже Конвей с грустью вспоминал чувства, которые он испытал в субботу утром, сидя в полном одиночестве перед своим ноутбуком в ЦЕРНе, тогда, когда он в первый раз заметил пик на графике. Это были именно те чувства, которые приводят многих людей в науку. “Вы всем сердцем надеетесь, что когда-нибудь обнаружите что-то действительно новое, такое, чего до вас никто в мире не видел, – сказал он мне. – Вы мечтаете совершить великое открытие...”

Прежде чем найти Ярмо и отправляться с ним обратно в Чикаго, я попытался встретиться с Дмитрием Денисовым – одним из представителей команды детектораDZегов Фермилабе. Денисов учился в Москве, он закончил один из самых лучших вузов России – Физико-технический институт. Я спросил его, были ли у стареющего “Теватрона шансы найти частицы Хиггса до того, как новенькийцерновский Большой адронный коллайдер возьмется за это дело? Денисов – настоящий оптимист. “Если “Теватрон” проработает еще несколько лет, – сказал он мне, – существует пятидесятипроцентная вероятность того, что мы найдем частицы Хиггса, правда, если они не слишком тяжелые. Мы полны энтузиазма. Мы знаем, как делаются открытия”, – сказал он.

19 сентября 2008 года Лин Эванс находился в офисе ЦЕРНа. Он был занят – разговаривал с сотрудниками. Неожиданно зазвонил его мобильный телефон – звонок поступил из диспетчерской. Что-то пошло не так, и Эванса попросили поскорее прийти. Лин помчался по кампусу в здание, где технический персонал занимался последними приготовлениями к включению Большого адронного коллайдера– уже для разгона потоков частиц и столкновения их друг с другом. То, что он увидел, повергло его в ужас. Он не мог поверить своим глазам – везде мигала сигнализация, вакуумная система была разрушена, множество магнитов сгорело, датчики показывали, что огромное облако газообразного гелия быстро распространяется по туннелю, в котором располагался гигантский ускоритель. Катастрофа вызвала аварийное отключение.

Эванс тут же созвал кризисное совещание. Нужно было срочно послать кого-нибудь вниз, в туннель – посмотреть, что случилось. Мешало, однако, облако гелия. По мере того как газ распространялся, он вытеснял воздух, и в туннеле становилось трудно дышать. Вызвали пожарную команду, и пожарники, надев противогазы и взяв баллоны с воздухом,

спустились вниз. Несколько часов спустя воздух достаточно очистился от гелия, и инженеры ЦЕРНа смогли сами оценить масштаб повреждений. Перед их глазами открылась картина настоящего побоища. Гигантские магниты были вырваны из бетонных укреплений, соединительное оборудование либо рухнуло, либо было разбито, а вентиляционные двери сорваны с петель. Руины были покрыты сажей, льдом и пятнами расплавленного металла. “Это был сущий кошмар”, – рассказывает Эванс.

А ведь совсем недавно, за девять дней до того, 10 сентября 2008 года, Лин Эванс был необыкновенно счастлив. Внимание всех мировых СМИ было приковано к ЦЕРНу. Поводом послужило включение Большого адронного коллайдера 10 сентября 2008 года. СМИ остроумно назвали тот день “Днем Большого взрыва”. Для Эванса он стал кульминацией пятнадцатилетней работы по проектированию и строительству самой сложной машины в мире. И не только для него – около 6000 ученых ЦЕРНа отпраздновали 10 сентября 2008 года, ведь оно ознаменовало окончание долгого, восьмилетнего периода, проведенного без ускорителя и соответственно без новых столкновений частиц и новых результатов.

В начале десятого огромные экраны, установленные в зданииGlobe, специально построенном (в форме шара) для проведения конференций, подключили к диспетчерскойЛНС, где находился Эванс. Он сидел перед многочисленными компьютерами, в джинсах и полосатой рубашке с короткими рукавами. В шутку он начал обратный отсчет времени до старта, или в данном случае до первого пробега пучка протонов в коллайдере. “Пять, четыре, три, два, один!” В первый момент ничего не произошло. Но вот на одном из экранов мелькнуло яркое пятно, и Эванс воскликнул: “Йес! Йес!” Светящаяся точка была следом частиц, мчащихся по трубам ускорителя. Машина взяла свой первый крупный рубеж. Несколько часов спустя протоны полетели по 27-километровой орбите в трубе машины в обоих направлениях. Большой адронный коллайдер при запуске заработал лучше, чем кто-либо смел надеяться. Ускоритель был готов к настоящей работе.

Как и в случае машин-предшественников, были люди, которые считали, что включение Большого адронного коллайдера слишком опасно для человечества. Уолтер Вагнер, отставной офицер радиационных войск, не сумевший добиться закрытия ускорителя в Нью-Йорке десять лет назад, подал иск в суд на Гавайях, в котором заявлял, что машина может уничтожить планету. Или даже Вселенную. Вагнер стремился добиться судебного решения на запрет включения коллайдера до тех пор, пока не будет доказана его стопроцентная безопасность. Так называемый “иск конца света” был отклонен юристами федерального правительства, которые признали доводы Вагнера “слишком спекулятивными”.

За несколько недель до включенияЛНСШон Кэрролл, физик-теоретик из Калифорнийского технологического института, составил список новых физических явлений, которые можно обнаружить с помощью коллайдера, и выложил его в блоге “Cosmicvariance”¹⁸⁴. В верхней части списка стояли частицы Хиггса. Кэрролл полагал, что вероятность их обнаружения – 95%. “Только частицы Хиггса из всех элементарных частиц, имеющих в Стандартной модели, еще не найдены, так что это, безусловно, будет главной цельюЛНС, если не вмешается “Теватрон” и не обнаружит их первым, – написал он и добавил: – Хиггс почти наверняка существует”. Далее в списке Кэрролла шла теория суперсимметрии – он считал, что вероятность найти ее доказательства составляют 60%. А самой страшной перспективой для физиков было не найти ничего нового вообще – шансы такого скорбного развития событий оценивались в 3 %. Кстати, шанс коллайдера создать стабильную черную дыру, которая поглотит Землю, Кэрролл оценил в 10^{-25} %. Это одна десятимиллионная от одной миллиардной от одной миллиардной одного процента. Кэрролл пошутил: “Так вы говорите, у нас есть шанс?”, намекая на фильм из девяностых “Тупой, еще

¹⁸⁴ См. пост Шона Кэрролла “Что найдет ЛНС?” на Cosmic Variance, 4 августа 2008 года.

тупее»¹⁸⁵.

Детекторы, которые ученые используют, чтобы увидеть новые физические явления на фоне огромного числа всевозможных осколков, возникающих при столкновениях внутри ЛНС, – поистине шедевры технологий. Безусловно, самым крупным из всех является детектор, метко названный “Атласом” (это аббревиатура, образованная из первых букв слов в названии AToroidal LHC Apparatus). По размеру он сопоставим с олимпийским плавательным бассейном. 7000-тонный “Атлас” и не очень маленький CMS-детектор были спроектированы для поисков частицы Хиггса, но с их помощью ученые надеялись зарегистрировать и что-нибудь еще – например, экзотические частицы темной материи или дополнительные измерения.

Бозон Хиггса может родиться внутри Большого адронного коллайдера несколькими способами, но самый вероятный из них – при столкновении и слипании двух глюонов (частиц, которые связывают кварки внутри протонов). Энергии, выделяемой при столкновении, заведомо хватит, чтобы создать частицы Хиггса, но они сразу же после этого распадутся. Если бозон Хиггса окажется легким (примерно с той массой, которую приписали ему, когда на коллайдере LEP в ЦЕРНе увидели сигнал, похожий на его след), то он, вероятно, затеряется в облаке гамма-лучей. Если бозон Хиггса немного тяжелее, скажем, весит больше 130 ГэВ, ученые будут искать треки, оставленные четырьмя лептонами (семейство частиц, включающее электрон). Поиск частицы Хиггса состоит в вычленении этих сигналов из всех сигналов, оставленных другими субатомными осколками, которые в огромном количестве образуются при столкновениях на ЛНС.

На небольшом расстоянии от “Атласа” расположен детектор LHCb. С его помощью ученые пытаются решить вопрос, еще в 1933 году поставленный Полем Дираком в его нобелевской лекции. При рождении Вселенной в результате Большого взрыва около 14 миллиардов лет назад возникло равное количество материи и антиматерии. Что случилось со всей антиматерией? Существуют ли звезды из антиматерии, сияющие в галактиках из антиматерии? Детектор LHCb предназначен для регистрации частиц, состоящих из b-кварков (прелестных) – тяжелых кварков, и именно они помогут ответить на вопрос, почему обычная материя победила в сражении с антиматерией...

В течение месяца каждый год техники ЦЕРНа должны очищать ЛНС от протонов и заливать его ионами свинца для экспериментов, для которых в основном и предназначен детектор ALICE (аббревиатура, образованная из начальных букв слов A Large Ion Collider Experiment). Когда эти ионы столкнутся на скоростях, близких к скорости света, возникнут температуры в 100 000 раз выше, чем в центре Солнца. В этих условиях ионы образуют кварк-глюонную плазму – странную форму материи, которая, как полагают ученые, существовала на ранней стадии жизни нашей Вселенной. Наблюдая, как ведет себя эта кварк-глюонная плазма, ученые в экспериментах на ALICE надеются разгадать, как она превращается в частицы сегодняшней Вселенной.

Есть еще одна сумасшедшая гипотеза, которую надеются проверить с помощью БАК. Две группы московских ученых (одна – под руководством Ирины Арефьевой и Игоря Воловича из Математического института имени Стеклова, а другая – под руководством Николая Кардашева из Физического института РАН – считают, что БАК может создать “машину времени”¹⁸⁶. Правда, не ту, что придумал Герберт Уэллс в 1895 году и не ту, что похожа на сани Санта-Клауса с вмонтированным в них античным диваном и балдахинном.

¹⁸⁵ Герой фильма Ллойд спрашивает свою любимую Мэри, каковы их шансы быть вместе. Мэри отвечает: “1 на 100 миллионов”. Он восклицает: “Так вы говорите, у меня есть шанс?!”

¹⁸⁶ См. статьи: Андрей Миронов и др. Если ЛНС является фабрикой по производству мини-машин времени, сможем ли мы это заметить? ArXiv: hep-th 0710.3395V1, 17 октября 2007 года; И. Арефьева и И. Волович. Машина времени на ЛНС”, ArXiv: hep-th 0710.2696V2, 26 октября 2007 года; Michael Brooks. 2008: Does time travel start here? New Scientist, 9 February 2008.

Машины времени, созданные фантазией и расчетами российских математиков, подобны крошечным кротовым норам, или червоточинам. Это такие искажения пространства-времени, которые могли бы, в принципе, позволить если и не людям, то частицам путешествовать из будущего в прошлое.

Идея выглядит диковинной. Она такая и есть. Но математики утверждают, что при определенных условиях две частицы могут столкнуться лоб в лоб в ЛНСС такой силой, что вызовут ударные волны, способные исказить микроскопические области пространства – времени. Некоторым физикам кажется, что это в пределах возможностей ЛНСС, хотя большинство думает, что для создания такой “червоточины” потребовалось бы нереализуемое, огромное количество энергии.

Если Арефьева и ее коллеги-математики правы, столкновения в ЛНСС могут создать то, что физики называют замкнутой временеподобной кривой, в которой время завязывается петлей. Узел отмечает своего рода нулевой год для путешествий во времени. Ничто из будущего не может путешествовать во времени назад до того, как “червоточины” будут созданы, и даже тогда это путешествие осуществимо лишь при появлении временной петли. Согласно теории (и, видимо, не нужно предупреждать, что это весьма спекулятивные рассуждения), люди из будущего могли бы послать нам сообщение в ЦЕРН через такие мимолетные “червоточины”. Правда, более вероятно следующее явление: ученые, работающие в лаборатории, вдруг увидят, как субатомные осколки, образующиеся при столкновениях частиц, исчезнут, попав в петлю времени. Российские ученые считали бы это экспериментальным доказательством существования “червоточин” и возможности путешествий во времени.

Инцидент, случившийся на БАКе в 11:18 утра 19 сентября 2008 года, положил конец всем надеждам на новые открытия, по крайней мере, они отложились на неопределенное время¹⁸⁷. Авария, которая заставила мигать лампы тревожной сигнализации в диспетчерской ЦЕРНа, не была простой небольшой поломкой. В первую очередь нужно было сделать так, чтобы работа с машиной стала безопасной: половина пятнадцатитонных магнитов были вырваны из своего крепежа в туннеле, что грозило большой опасностью. После окончания этого этапа началась работа по вычищению мусора. Потом нужно было восстановить картину поломки, понять ее причину и провести необходимый ремонт.

Взрыв произошел в тот момент, когда инженеры ЦЕРНа запускали последний большой блок питания коллайдера. В сверхпроводящих магнитах циркулируют огромные электрические токи, необходимые для создания полей, направляющих частицы по круговым траекториям внутри коллайдера. Магниты связаны друг с другом сверхпроводящими проводами, которые, чтобы работать надлежащим образом, должны купаться в сверхтекучем гелии при температуре -271 градус по Цельсию. В тот день одно соединение из 10 000 разогрелось и потеряло свои сверхпроводящие свойства. Это привело к появлению мощной искры, пробежавшей через гелиевый дюар, в который был погружен один из магнитов. Искра пробила отверстие в стенках дюара, и гелий перелился во внешний кожух. Экстренные предохранительные клапаны открылись, чтобы стравить излишек гелия в туннель, но быстро забились, внутри магнитов развилось огромное давление, их вырвало из крепления и в некоторых местах даже разломало бетонный пол туннеля.

Ущерб был нанесен ужасающий. Искры, создавшиеся в результате короткого замыкания, оказались достаточно мощными, чтобы расплавить почти полтонны меди. Высвободились шесть тонн гелия, давление повысилось, поврежденными оказались пятьдесят три огромных магнита. Все в машине на расстоянии более полукилометра было покрыто тонким слоем сажи. “Ужасно, что это случилось в самом конце – при тестировании

¹⁸⁷ Очень подробный отчет об этом инциденте: M. Bajko et al. Report of the task force on the incident of 19 September 2008 at the LHC. LHC Project Report 1168. 31 March 2009.

последнего крупного блока питания! Было ощущение, что мы получили сильнейший хук слева”, – говорит Эванс.

Инженеры быстро определили причину неисправности – дефектные электрические контакты, соединяющие сверхпроводящие кабели. Эти контакты должны быть пропаяны под давлением в 2 тонны, чего почему-то сделано не было. Когда инженеры приступали к работе по замене поврежденных магнитов новыми, они направили техников для проверки всех 10 000 контактов. То, что обнаружилось, оптимизма не вселяло. Около половины из них были ненадежны, другие вообще не были пропаяны, и в некоторых из них между медными стабилизаторами и сверхпроводящим кабелем были пустоты, что привело к увеличению их удельного сопротивления в сотни раз. Неудивительно, что они разогрелись и вышли из сверхпроводящего состояния. Нужно было их срочно перепаять. Кроме того, требовалось создать систему раннего предупреждения и поставить больше предохранительных клапанов на разные системы, чтобы при подобной аварии в будущем давление гелия не смогло бы сильно возрасти и причинить такой огромный вред. Ремонт остановил коллайдер более чем на год и стоил ЦЕРНу 40 миллионов швейцарских франков.

о эта авария не стала последней бедой ЦЕРНа. Во время работы на коллайдере инженеры обнаружили у некоторых магнитов и другие проблемы. Для обеспечения безопасной работы магнитов в полную силу они обычно предварительно проходят “тренировку”, при которой их постепенно заставляют работать на все больших токах. При каждом следующем цикле тренировки магнит генерирует все более сильные поля. К своему ужасу инженеры обнаружили, что после установки в ускоритель сорок девять магнитов каким-то образом “забыли” о тренировке. И это притом что проверили только часть всех магнитов, а полное число потерявших память, вероятно, было намного выше. Поскольку провести повторную тренировку всех магнитов в ближайшее время было нереально, ученым пришлось признать, что, когда Большой адронный коллайдер будет готов к повторному включению, работа его в полную силу будет небезопасной.

Неудачи в ЦЕРНе серьезно ударили по физике элементарных частиц. В своей истории Большой адронный коллайдер пережил задержки пусков на годы, перерасход средств и катастрофические по последствиям аварии. Рассказывая о произошедших событиях за месяц до окончания ремонта, Эванс был осторожен в выражениях. “Мы все действительно пребывали в подавленном состоянии, но продолжали идти вперед, – говорил он. – И нужно помнить, ведь никто и никогда раньше не строил ничего подобного Большому адронному коллайдеру”.

В 2009 году отмечается сорок пятая годовщина с момента рождения частицы Хиггса, по крайней мере с ее появления в уравнениях, написанных в блокноте Питера Хиггса. С тех пор физики ищут ее, причем с 1980 года очень серьезно. Тот факт, что она до сих пор так и не проявилась, начинает вызывать легкие подозрения. Возможно, ее искали в неправильных местах. Бывало, всем казалось, что она вот уже тут, но... она словно выскальзывала из рук физиков. Ученые считали – им просто не везет. Но Хольгер Нильсен с ними не согласен. Он полагает – это знак судьбы.

Хольгер Нильсен – физик-теоретик из Института Нильса Бора в Копенгагене, один из создателей теории струн, которая рассматривает все частицы во Вселенной как микроскопические нити колеблющейся энергии. В союзе с другим теоретиком – Масао Ниномия из Киотского университета в Японии – Нильсен предложил парадоксальную теорию, объясняющую, почему бозон Хиггса до сих пор не был найден¹⁸⁸.

¹⁸⁸ Теория Нильсена и Ниномия наделала много шума после публикации вредоносного эссе Денниса Овербая в “New York Times”, озаглавленного “The Collider, the particle and a theory about fate” и появившегося 12 октября 2009 года. В одной из работ Нильсена, “Imaginary part of action, future functioning as hidden variables” (arXiv: quant-ph 0911.4005V1, 20 November, 2009) он заявляет: “Мы утверждаем в нашей модели, что проект ССК (Сверхпроводящего суперколлайдера) был остановлен конгрессом США из-за воздействия на прошлое большого количества частиц Хиггса, которые он произвел бы, если бы его запустили”. Многие физики так и не

Согласно этой теории сама природа или даже “Бог” в заговоре против него. Природа так “презирает” частицы Хиггса, что любая машина, способная вырабатывать во множестве такие частицы, будет объектом саботажа со стороны сил из будущего. Нильсен провел параллель с парадоксом дедушки, которого убивает внук, путешествующий в прошлое. Этот парадокс известен в кругах верящих в путешествия во времени. Теория связывает настоящее с будущим таким образом, что будущие события могут вызвать колебания, распространяющиеся назад во времени, и влиять на то, что ученые делают сегодня.

Нильсен и Ниномия предложили начальству ЦЕРНа провести эксперимент – сыграть в карточную игру, чтобы узнать, действительно ли некие злокозненные силы из будущего виноваты в их неудачных попытках найти бозон Хиггса. Правила игры просты. Вы берете миллион игральные карты и пишете на одной из них: “Закрывать БАК”, перетасовываете, а затем кто-то из менеджеров открывает одну карту, и, если он вытащит именно ту, требующую закрыть ускоритель, это будет означать, что бозон Хиггса пытается сказать нам что-то из будущего. По крайней мере, так считает Нильсен.

Теория получила холодный прием у физиков. Итальянский теоретик Томмазо Дориго, тот самый, что свое время выложил в блоге описание якобы обнаруженного следа Хиггса на “Теватроне”, опубликовал на своем сайте рецензию под названием: “Уважаемые физики чокнулись”. В ней он открыто высказал свое мнение: “Очень грустно сознавать, что некоторые выдающиеся умы способны выдавать такую абсолютную чушь”.

Нильсен, правда, признает, что не на 100% убежден в правильности своей теории, но в истории охоты на Хиггса он видит достаточно доказательств в ее пользу. Решение о строительстве Сверхпроводящего суперколлайдера было пересмотрено в конгрессе США в 1993 году, когда он уже был частично построен. Большой адронный коллайдер был закрыт в течение года после катастрофической утечки гелия. Обе эти неудачи, полагает ученый, нельзя считать случайными, и они вполне объяснимы, если “Бог” считает частицы Хиггса отвратительными. “Этот “Бог” вообще пытается избавиться от них, – говорит Нильсен. – Уж очень они ему не нравятся”.

Глава 11 Скрытые миры

С фотографии нам улыбается Питер Хиггс, одетый в светло-зеленый комбинезон “Mankini”, больше напоминающий стринги на подтяжках. Он держит весло и показывает фотографу два поднятых вверх больших пальца. На заднем плане видны скользящие по морю роскошные яхты, и лучи солнца отражаются от их хромированных и стеклянных деталей.

“Это просто мистификация”, – говорит Джон Эллис, пробираясь между мной и прислоненным к стене его кабинета гигантским фотоколлажем, на котором голова Питера Хиггса искусно приделана к телу Бората – главного персонажа знаменитой комедии Коэна 2006 года. “Борат был героем одного из наших рождественских капустников, – объясняет Эллис сюжет фотомонтажа. – Коллаж сделал мой ученик, большой специалист по трюкам такого рода”.

Стол Эллиса в ЦЕРНе завален грудями бумаг результатами исследований, такие же кипы бумаг свалены в дальнем углу кабинета. Понимая, что мы не увидим друг друга, если будем переговариваться через стол, Эллис выставляет пару стульев в середину комнаты и садится на один из них. Эллис – автор почти 900 научных статей, он известен во всем мире как невероятно плодовитый и разносторонний физик. В частности, он предсказал, как найти глюон – переносчик сильного взаимодействия. Он же высказал предположение, что самая

поняли, пошутили тогда Нильсен и Ниномия или сказали это всерьез. В одном из писем Нильсен мне написал: “Это не настоящая теория, и мы на самом деле в нее не верим”.

легкая частица, предсказываемая теорией суперсимметрии – это частичка загадочной “темной материи”, невидимого космического вещества, которое составляет 25 процентов массы Вселенной. И он же подсказал ученым лучший способ поиска частиц Хиггса. Эллис очень похож на толкиеновского гениального мага – Гэндальфа. Он учился в Кембриджском университете в 1960-х годах, когда Поль Дирак читал в последний раз свой курс лекций по квантовой теории, а в ЦЕРН пришел работать в 1973 году.

Когда началась первая охота на частицы Хиггса в 1976 году, Эллис занимал кабинет, расположенный в конце коридора. В том же году он и его коллеги теоретики Мэри Гайар и Димитрий Нанопулос опубликовали подробное описание хиггсовского бозона и вероятное его поведение в экспериментах на коллайдере частиц. “Очень немногие люди в те дни интересовались бозоном Хиггса, – говорит Эллис. – Кто бы мог подумать, что понадобится так много времени на его поиски!”

За годы, прошедшие после выхода той работы Эллиса, ученые, кажется, подошли невероятно близко к открытию неуловимой частицы. Эллис хватает кусок мела и выписывает на доске все, что ученые узнали в течение более десяти лет экспериментов в ЦЕРНе и на ускорителе “Теватрон” в Фермилабе, вблизи Чикаго. На предыдущем церновском ускорителе – коллайдере LEP – было показано, что частицы Хиггса должны весить больше чем 114,4 ГэВ. К июлю 2010 года с помощью коллайдера “Теватрон” был исключен интервал масс между 158 и 175 ГэВ. Сопоставив разные экспериментальные результаты, ученые поняли, что, скорее всего, масса хиггсовской частицы находится в интервале между 115 и 130 ГэВ.

В феврале 2010 года БАК должен был заработать и сделать первый серьезный шаг к открытию того, что ученые здесь скромно называют “новой физикой”. Начальство ЦЕРНа решило, что слишком рискованно сразу запускать машину на полную мощность, так что около двух лет подряд она будет работать только в половину своей мощности, то есть каждый из пучков перед их столкновением внутри детекторов ускорителя будет разгоняться до энергии 3,5 ТэВ. Ближе к концу 2011 года коллайдер закроют на три месяца – до 7 февраля 2012 года, чтобы дать инженерам время провести необходимые ремонтные работы. Кроме того, предполагалось усовершенствовать систему безопасности, которая защитит машину от разрушения в случае, если при работе на более высоких энергиях что-то пойдет не так, как планировалось. Только когда все будет сделано, БАК запустят на полную мощность.

Решение эксплуатировать LHC на половине его проектной энергии далось нелегко, но ЦЕРН не мог позволить себе допустить возможность еще одной разрушительной аварии, подобной той, из-за которой машина закрылась на год в 2008 году. Остановка коллайдера надолго – серьезная проблема: не работает машина – нет столкновений, значит, нет результатов. А значит, останавливается развитие физики и пропадает энтузиазм у перспективных студентов, стремящихся получить докторские степени. Многие физики сегодня считают, что, во всяком случае, в ЦЕРНе бесспорного открытия бозона Хиггса до 2015 года ждать не приходится.

Эллис хватается за ноутбук и открывает статью с результатами последних – на февраль 2010-го – экспериментов, проведенных на коллайдере “Теватрон” в лаборатории Ферми¹⁸⁹. Он указывает пальцем на один из графиков, демонстрирующий, насколько результаты, полученные на американском коллайдере, отличаются от того, что могло бы быть при рождении частиц Хиггса с различными массами. “Интересно, что именно подобное мы и

¹⁸⁹ Незадолго до моего визита в Фермилаб там были опубликованы три статьи про охоту на частицы Хиггса: по одной от каждой из команд детекторов CDF и DZero и третья, которая объединяла результаты обеих групп. Отчет, в котором представлены данные по возможной массе частицы Хиггса, равной 115 ГэВ, принадлежит группе CDF. Более подробную информацию о признаках рождения частиц Хиггса на “Теватроне” при 115 ГэВ см. в Интернете: Tomasso Dorigo. New Tevatron Higgs limits got worse, but the 115 GeV excess is growing! В блоге “A Quantum Diaries Survivor”, 19 November 2009.

ожидали бы увидеть, если бы родился бозон Хиггса с такой массой”, – говорит он, указывая на часть графика, соответствующую кандидату на бозон Хиггса с массой 115 ГэВ. Это та область, где на предыдущем коллайдере ЦЕРНа в 2000 году увидели трек, напоминающий след хиггсовского бозона. “Теоретики громко спорили тогда, – говорит Эллис, – ведь это мог быть он – прямо там. Очень вероятно, что они уже нашли частицу Хиггса”.

Существует большая разница между “кандидатом на открытие” и настоящим открытием. По состоянию на начало 2010 года правительство США планировало прекратить работу коллайдера “Теватрон” в конце 2011 года, примерно тогда же, когда ЛНС закроют на переделку¹⁹⁰. Большинство физиков считает, что им отпущено слишком мало времени, чтобы устранить сомнения в обнаружении частицы Хиггса. Лучшее, на что ученые с “Теватрона”, по их словам, могли надеяться, – это увидеть намек на рождение частицы Хиггса, похожий на то, что увидели в ЦЕРНе за несколько месяцев до окончательного закрытия коллайдера LEP в 2000 году и что едва не привело в состояние помешательства всю команду ЦЕРНа. “Физики Фермилаба предпринимают невероятные усилия, чтобы сделать это чертово открытие – гораздо большие, чем кто-либо может себе представить. Но они не волшебники, а потому просто не наберут достаточно столкновений за это время, – говорит Эллис. – Даже если им очень повезет, они смогут лишь претендовать на получение некоторых свидетельств, но – не на открытие”.

Однако этот прогноз, возможно, был преждевременным. В сентябре 2010 года директор Фермилаба – Пьер Оддон – во всеуслышание заявил о намерении продлить работу “Теватрона” до 2014 года. Принятия окончательного решения ожидали в начале 2011 года¹⁹¹.

В нескольких минутах ходьбы от офиса Эллиса находится здание номер 40 – де-факто штаб-квартира команды “Атласа”, детектора БАКа, одной из крупнейших научных групп во всей истории науки – в ней работает более 3000 физиков (большая часть при этом не выезжает из своих университетов). Глава группы – итальянка Фабиола Джанотти, приехавшая работать в ЦЕРН в 1987 году. СМИ иногда поднимают страшный шум по поводу того, что женщине доверено возглавлять такой большой коллектив ученых. Вообще говоря, реклама – вещь полезная, но в рекламе такого рода проскальзывают отвратительные сексистские нотки. ЦЕРН – поистине уникальное место, здесь представлены самые разные народы, культуры. Не имеет никакого значения, откуда вы сюда приехали, а также ваш возраст или ваш пол. Важно лишь то, насколько хорошо вы разбираетесь в своей области, страсть, с которой вы отдаетесь науке, и умение ладить с окружающими людьми.

Группа “Атлас” и команда, работающая на соседнем детекторе, называемом CMS, находятся в первых рядах охотников за частицами Хиггса на ЛНС. Обе группы ученых планировали с самого начала делиться своими данными, чтобы максимально увеличить шансы на открытие. “Частицу Хиггса долго искали, – говорит Джанотти. – Я воспринимаю это как продолжение долгого приключения. В какой-то момент с помощью нашей машины мы скажем решающее слово”.

Существует одна интересная возможность – после столь долгого соревнования, имея в виду предстоящее длительное отключение ЛНС в конце 2011 года, ученые могут объединить данные, полученные на европейском коллайдере, с теми, что добыты в Фермилабе на “Теватроне”. Если на обеих машинах к тому времени найдут свидетельства существования бозона Хиггса, они вместе могут оказаться достаточными для объявления об открытии. Тогда европейский и американский ускорители закончат охоту на частицы Хиггса и пересекут финишную черту одновременно.

Однако в науке существуют гораздо более важные вещи, чем победа в гонке за открытием, и отчего у физиков действительно захватывает дух, так это от новостей о

¹⁹⁰ John Conway. Endgame for the Tevatron. Блог “Cosmic Variance”, 21 September 2009.

¹⁹¹ Из-за сложностей с финансированием “Теватрон” все-таки закрыли в конце сентября 2011 года.

природе частиц Хиггса. Большинство физиков, с которыми я говорил, очень надеются, что, когда (и если) бозон Хиггса будет найден, он окажется таким, каким его видит теория суперсимметрии, предсказывающая существование тяжелых и невидимых партнеров у всех известных нам частиц. Суперсимметричная частица Хиггса может открыть ученым дверь в новую физическую реальность и приблизить их на один большой шаг к единой теории, описывающей все частицы и силы природы.

Простейшая возможность (а этого достаточно, чтобы в представлениях некоторых физиков сделать ее самой вероятной) состоит в том, что ученые обнаружат одну незаряженную частицу Хиггса, которая плотно уляжется в Стандартную модель как последний кусочек пазла. Это помогло бы разгадать тайну происхождения массы и развязать последний узел, оставшийся в Стандартной модели. Но тогда физики окажутся в очень затруднительном положении, поскольку им известно, что Стандартная модель не описывает всего многообразия явлений, происходящих во Вселенной. Например, она ничего не говорит о темной материи или гравитации, а ученые отчаянно хотят, чтобы бозон Хиггса указал путь к пониманию этих и других тайн природы.

В одном из наших разговоров со Стивеном Вайнбергом (когда я приезжал к нему в Университет Остина, штат Техас) он посетовал, что физика элементарных частиц оказалась в ненормальной ситуации: теоретические идеи ушли намного вперед в объяснении того, что экспериментаторы лишь надеются увидеть в своих экспериментах в будущем, и в этом нет ничьей вины. Бозон Хиггса может подсказать выход из тупика, но – не обязательно. “Открытие единственной нейтральной частицы Хиггса не выведет нас из депрессии, а наоборот, еще более усилит наше подавленное состояние, – сказал он. – Мы обнаружим только то, что ожидали увидеть, и не получим ключа к пониманию нового. Для нас было бы лучше, если бы существовало несколько видов частиц Хиггса или их не было вовсе”.

Перспектива остаться с пустыми руками по окончании охоты на бозон Хиггса очень реальна, по крайней мере, так думают некоторые ученые. В декабре 2009 года, всего через несколько дней после того, как на ЛНСу увидели первые пробные столкновения, Тини Вельтман, который разделил в 1970-х годах Нобелевскую премию с Герардом т’ Хоофтом за работы, связанные с механизмом Хиггса, выступил на семинаре в ЦЕРНе. Вельтман высказал предположение, что частицы Хиггса просто могут не существовать и что все частицы обретают массу другим способом¹⁹². Если они, эти неуловимые бозоны, все-таки существуют, то вполне могут быть невидимыми. Это означает, что, едва родившись, они сразу распадаются на такие частицы, которые в современных детекторах увидеть нельзя. Вельтман закончил доклад словами: “Если уже в ближайшем будущем бозон Хиггса найден не будет, то он либо не существует, либо невидим. Сейчас мне кажется более вероятной перспектива, которую можно сформулировать кратко так: “Хиггса не существует”.

Вельтман не единственный, кто сомневается в существовании частицы Хиггса в том виде, в котором большинство ученых склонны ее представлять. В 2009 году два физика, Дэвид Станкато и Джон Тернинг из Калифорнийского университета в Дэвисе, заявили, что бозон Хиггса может быть вовсе не частицей, а тем, что они назвали “нечастича” или “Нехиггс”¹⁹³.

Эти нечастичи последнее время вызывают огромный интерес. У них много общего с обычными частицами, но и ряд особенностей. Нормальные частицы имеют четко определенные массы, а масса нечастич размыта и неопределенна. Этот факт сам по себе ставит успех охоты на “Нехиггса” под вопрос. Еще хуже то, считают Станкато и Тернинг,

¹⁹² См. материалы симпозиума ЦЕРНа: “From the Proton Synchrotron to the Large Hadron Collider – 50 Years of Nobel Memories in High-Energy Physics”, 3-4 December 2009. Вельтман прочитал лекцию “ЛНС и бозон Хиггса” на второй день работы симпозиума. Видео и слайды доступны на сайте ЦЕРНа.

¹⁹³ David Stancato and John Terning. The Unhiggs. Journal of High Energy Physics, Number n. 2009. P. 101.

что, если “Нехиггс” родится внутри LHC, его почти невозможно будет обнаружить с помощью детекторов.

Вернувшись в свой кабинет, Джон Эллис объясняет, на какие важнейшие вопросы придется ответить физикам, когда они найдут частицы Хиггса. Так, ученые пока не знают, частицы Хиггса – элементарные или состоят из более мелких частиц. Если они состоят из других частиц, то те могут быть уже известными или совершенно новыми частицами. Скорее всего, поиск ответов займет у физиков многие годы.

Перед моим приездом ночью на Женеву выпал снег, и поля вокруг ЦЕРНа припорошило белой пудрой. Сцена была подготовлена для любимой Эллисом аллегии поля Хиггса. “Представьте себе бесконечное снежное поле, которое заполняет всю Вселенную, – говорит он. – Некоторые частицы могут бежать по снегу, будто на лыжах. Это фотоны – безмассовые частицы, которые не обращают внимания на поле Хиггса и мчатся по нему со скоростью света. Другие частицы, например электрон, ведут себя так, словно у них на ногах снегоступы. Они слегка проваливаются в снег, их движение замедляется, и таким образом они приобретают небольшую массу. Но в природе есть частицы, к примеру истинные (top) кварки, которые вообще не обуты. Они проваливаются глубоко в снег и в процессе движения становятся сверхтяжелыми. Поиск бозона Хиггса эквивалентен сбору снежинок с этого космического снежного поля и изучению их под микроскопом”.

Возможно, самое интригующее тут – это почему некоторые частицы увязают в поле Хиггса больше других. Тут – суть вопроса о массе. Наиболее тяжелый из кварков – истинный кварк – примерно в 400 000 раз тяжелее электрона. Поле Хиггса дает кваркам и электронам возможность обрести массу, но ничего не говорит о том, почему они получают именно такие массы. Почему некоторые частицы существенно массивнее, чем другие? “К сожалению, – говорит Эллис, – у нас нет теории, объясняющей, почему некоторые частицы носят снегоступы, а другие ходят по снегу босиком”.

Покойный британский писатель Рональд У. Кларк в известной биографии “Эйнштейн: Жизнь и Времена”, опубликованной в 1972 году, рассказывает историю о необычном тосте, произнесенном некогда в Кавендишской лаборатории Кембриджского университета. Заведующим лабораторией в то время был Дж. Дж. Томсон, получивший Нобелевскую премию за открытие электрона в 1897 году. Тост произнес один из сотрудников Томсона, выдающийся физик Эдвард Андраде. Он поднял бокал “за бесполезный электрон”, добавив: “который еще долго будет оставаться таковым!”.

Никто тогда не знал, что электрон готовится преобразить мир. Когда Томсон рассказывал про вновь открытые частицы, народ слушал его в недоумении. Все думали, что почтенный ученый дурит им голову: идея частиц размером меньше атома казалась абсурдом! Даже те, кто верил Томсону, с трудом тогда представляли, какую пользу на самом деле можно извлечь из его открытия.

Такие истории происходят в науке очень часто. В конце XIX века Джеймс Клерк Максвелл объединил электричество и магнетизм и показал, что свет – это электромагнитные волны. Сегодняшний мир невозможен без технологий, в которых используются максвелловские открытия. Научившись манипулировать электромагнитными волнами, мы получили мобильные телефоны, беспроводной Интернет, электронные ключи от машины, больничные компьютерные томографы и спутниковое телевидение. И опять, как и в случае с электроном, никто из современников Максвелла не мог вообразить эти технологии. Недаром однажды гениальный Нильс Бор заметил: “Делать прогнозы трудно, особенно на будущее”¹⁹⁴.

Некоторые физики полагают, что подобно тому, как мы научились использовать

¹⁹⁴ Эту фразу и ее вариации обычно приписывают как Нильсу Бору, так и Йоги Берра. Версию Бора можно увидеть среди прочих в кн.: John Barrow. *Assays on Science, Art and Philosophy*. Oxford University Press, 2000.

электромагнитное поле, мы в конце концов научимся манипулировать и полем Хиггса, хотя сегодня трудно придумать какое-либо конкретное приложение, не нагородив глупостей, о чем и предупреждал нас мудрый Бор. Понятно, что изменение массы элементарных частиц не решит проблему ожирения. Не уменьшит оно и количество пробок в Лондоне, Токио и Мехико, даже если инженеры научатся создавать транспортные средства, парящие над землей. Правда, один ученый сказал мне, лишь отчасти в шутку, что военные могли бы попытаться сделать то, что может быть названо в буквальном смысле “оружием массового уничтожения”¹⁹⁵. Выключите поле Хиггса, и все объекты в окрестности исчезнут, оставив после себя лишь вспышку света, – элементарные частицы, из которых они состоят, потеряют массы и унесутся вдаль со скоростью света. Конечно, это все из области фантазии. Наверное, теоретически можно менять напряженность поля Хиггса, но для этого потребовалось бы огромное, нереальное количество энергии¹⁹⁶. Любой человек, склонный к массовому уничтожению, попытается уничтожить Землю, используя более традиционные способы.

Но есть некое, весьма перспективное применение частицам Хиггса, быстро становящееся одним из самых захватывающих направлений физики. С начала нашего столетия все больше ученых приходят к выводу, что частицы Хиггса могут стать краеугольным камнем следующей крупной революции в науке. Когда происходят сдвиги в человеческом мышлении и восприятии реальности, революцию не остановить.

Люди всегда считали себя особенными. Насколько нам пока известно, мы одни во Вселенной овладели речью, создали великие произведения искусства и литературы и сформулировали законы природы. Но наука постоянно наносит по нашим представлениям о человеке как венце природы сильнейшие удары. То и дело возникают революционные идеи, сотрясающие фундамент, на котором зиждется наше высокомерие.

Три крупные революции сделали в этом отношении, пожалуй, больше других. Первый удар – в XVI веке – нанес польский астроном Николай Коперник. Коперник использовал математику для низвержения религиозных представлений о том, что Земля – центр мироздания. Он показал, что Земля находится даже не в центре нашей собственной Солнечной системы, а что она – всего лишь одна из многих планет, вращающихся вокруг Солнца.

Чарльз Дарвин и его современники ответственны за следующую революцию. Спустя более трехсот лет после смерти Коперника Дарвин доказал, что и люди тоже не уникальны. Когда он в 1859 году опубликовал книгу под названием “О происхождении видов”, где рассказал о своей теории эволюции путем естественного отбора, стало ясно, что люди – просто один из видов млекопитающих. Если вы полагаете, что вы – венец эволюции, обдумайте это хорошенько еще раз.

Третья революция произошла еще почти столетие спустя, когда два выпускника Кембриджа Джеймс Уотсон и Фрэнсис Крик в 1953 году разгадали структуру ДНК. Их работа ознаменовала начало новой эры – эры генетики. В представлении некоторых ученых мы являемся лишь временными опекунами эгоистичных и самокопирующихся молекул, и наша главная цель в жизни – передать их следующему поколению.

Сегодня физики всерьез задают себе вопрос, станет ли частица Хиггса краеугольным камнем следующей крупной революции в науке, которая обещает быть еще более серьезной,

¹⁹⁵ Более подробная информация – на веб-семинаре по физике Кима Триста в Калифорнийском университете в Дэвисе. Семинар проходит под общим названием “Атом под рентгеновскими лучами: Тайна пустого пространства: бозоны Хиггса, энергия вакуума и дополнительные измерения”, и его материалы можно найти на сайте UCSD TV.

¹⁹⁶ Gian Francesco Giudice. *A Zeptospace Odyssey*. Oxford University Press, 2010. Автор книги заявляет: “Это может быть сделано только путем нагревания Вселенной до температуры выше 10^{15} градусов, что в сто тысяч миллионов раз больше, чем температура в центре Солнца. Очень маловероятно, что столь высокие температуры будут когда-либо достигнуты, даже если сбудутся самые пессимистичные прогнозы на глобальное потепление”.

чем любая из тех, что произошли раньше. Частицы Хиггса, говорят они, могут быть мостиком к скрытым мирам¹⁹⁷. Если они правы, тогда то, что мы называем реальностью (то есть все, что мы знаем), – это лишь часть огромной и сложной реальности, которую мы совершенно не замечаем.

Для Джеймса Уэллса, физика из ЦЕРНа, существование скрытых миров кажется почти несомненным. Он утверждает, что до недавнего времени физика элементарных частиц была слишком антропоцентричной. Ведь частицы, интересовавшие физиков, – это те частицы, из которых построены наши органы, или те, что взаимодействуют с частицами внутри нас. Уэллс обращает вниманиечеловечества на то, что в мире может быть бесчисленное множество других частиц и сил, которые мы просто не воспринимаем. “Было бы действительно странно, если бы все, что существует во Вселенной, ограничивалось только тем, что воспринимает наше тело. Почему мы должны быть такими особенными?” – спрашивает он.

Ученые уже знают: Вселенная содержит материю, которую мы не можем увидеть или почувствовать. Огромные сгустки темной материи скрываются среди галактик, и присутствие их можно обнаружить только по гравитационному притяжению к ним космических объектов. Космологи считают, что темная материя составляет около четверти массы Вселенной.

Как эти миры скрываются от нас? Посмотрите повнимательнее вокруг. Все, от этой книги в ваших руках и стула, на котором вы, надеюсь, сидите, сделано из простейших строительных блоков. Атомные ядра состоят из протонов и нейтронов, а те – из кварков, связанных друг с другом сильным взаимодействием. Вокруг этих центральных ядер вращаются электроны, взаимодействующие с ядрами посредством электромагнитного взаимодействия. Атомы и молекулы соединяются вместе, образуя все предметы вокруг нас благодаря все тому же электромагнитному взаимодействию. Процесс этот повторяется в бесчисленных комбинациях, и так возникает материальный мир. Все его частицы имеют вес благодаря полю Хиггса, а также взаимодействиям, которые склеивают их друг с другом. Мы чувствуем их массу чаще всего из-за гравитационного поля Земли, тянущего их вниз. Кроме этих сил существует еще только одна сила, которая нам известна, – это слабая сила, управляющая определенным видом радиоактивного распада.

Почему только частицы материи, которые мы открыли, и четыре силы природы, которые мы знаем, могут существовать в природе? Ведь нет никаких причин, по которым человеческое тело должно быть оснащено сенсорами, воспринимающими все-все во Вселенной, и существование темной материи доказывает это. Очень вероятно, что в мире существует множество частиц и сил, находящихся целиком за пределами нашего восприятия.

Скрытый мир может состоять из различных видов темных частиц и сил, аналогичных тем, которые существуют в нашем мире, но не взаимодействуют с известным нам веществом. Там может быть даже своя “темная” версия Стандартной модели. А если это так, то что помешало бы рождению темных звезд и разрушению их в конце их жизни или образованию темных планет из темных космических осколков? Может быть, даже существует какая-то форма темной жизни? “У нас пока нет никаких доказательств, но исключать этого нельзя. Нет никаких оснований полагать, что скрытый мир менее сложен, чем тот, что мы знаем. Он тоже мог бы содержать богатый набор явлений, – говорит Джон Март-Рассел, оксфордский физик-теоретик, занимающийся теориями скрытых миров. – Подобно тому как революция Коперника объяснила людям, что Земля не является уникальной, все, что мы до сих пор знали, может тоже оказаться неуникальным. Кто сказал, что все эти вещи вокруг нас, вещи из нашей действительности, – главная и самая сложная часть Вселенной? Очень может быть, что это совсем не так”.

¹⁹⁷ Некоторые авторы написали книги про скрытые миры. Хорошее введение в тему дано в главе 12 в кн.: “Higgs bosons of a hidden world in James Wells’s Lectures on Higgs Boson Physics in the Standard Model and Beyond”.

И если скрытые миры все-таки где-то существуют, частицы Хиггса могут привести нас туда. И вот почему. Некоторые физики считают, что наше собственное поле Хиггса тонко связано с другими полями Хиггса, которые наделяют массой частицы в скрытых мирах. Эта связь образует “мостик”, который предоставляет возможность заглянуть в скрытый мир и посмотреть, из каких частиц он состоит. Только поле Хиггса позволяет это сделать, и тому есть несколько причин. Одно из важнейших свойств, которое отличает его от других полей, – его скалярность. Это означает, что поле Хиггса выглядит одинаковым со всех сторон. Второй особенностью является то, что поле Хиггса, а также связанные с ним частицы пронизывают все пространство. Эти две особенности делают хиггсовское поле невероятно чувствительным к малейшим всплескам энергии, которые могут исходить из скрытого мира.

Если частица Хиггса будет найдена на ЛНС, некоторые физики верят, что ее предсмертная агония прольет свет на существование скрытых миров. Хиггсов бозон крайне нестабилен, и ожидается, что, как только он родится, почти сразу распадется, причем, вероятно, на невидимые частицы скрытых миров. Те, в свою очередь, могут распасться на “реальные” частицы, которые мы сумеем увидеть. Эффект будет зафиксирован в детекторах ЛНС в виде внезапного появления следов частиц, пришедших словно из ниоткуда. Обнаружение таких треков позволит ученым пройти в обратном направлении и получить представление о частицах скрытых миров...

Идея скрытых миров многим кажется фантастической, одной из тех, что физики придумывают в свободное время, но возможность их существования рассматривается вполне серьезно. “Если мы сможем использовать бозон Хиггса как мостик в скрытые миры, это будет одним из самых важных выводов о структуре пространства и времени за всю историю науки”, – говорит Уэллс.

В июне 2007 года на мой стол в бывшем офисе газеты “Gardian”, находящемся в районе Клеркенуэлл в центре Лондона, положили письмо. На марке была изображена туманность Сатурна – небесный вихрь голубого и красного на черном фоне. Я перевернул письмо и прочитал адрес отправителя. Письмо было от Питера Хиггса.

Я уже почти потерял надежду. Несколько месяцев назад я предложил написать статью о Хиггсе в воскресном выпуске газеты. В то время работа по строительству ЛНС близилась к завершению, и вокруг ускорителя в СМИ поднялась большая шумиха. Особенно часто упоминался бозон Хиггса, или, как его называют чаще в журналистских кругах, – частица Бога, о ней говорили как о ключе к пониманию природы массы. Теория Хиггса казалась мне совершенно непонятной. Её автора Питера Хиггса многие считали отшельником. Конечно же редакция газеты решила, что мы просто обязаны обо всем этом рассказать своим читателям.

Я знал, что Хиггс ушел в отставку из Эдинбургского университета, но все еще занимал должность профессора. Я позвонил на физический факультет, связался с пресс-службой и послал письма его коллегам с просьбой договориться о моем визите. Все было напрасно. В конце концов я взял справочник “Кто есть кто”, нашел домашний адрес Хиггса и написал ему письмо. Ответ пришел через шесть недель.

Обмен еще несколькими письмами, путешествие на поезде, и вот я стою перед элегантной террасой в георгианском стиле рядом с тенистым парком в эдинбургском квартале Новый город. За углом находится Индия-стрит – в одном из домов на этой улице в 1831 году родился Джеймс Клерк Максвелл. Я позвонил в колокольчик, и Хиггс, приветливо улыбнувшись, пригласил меня подняться.

Квартира Хиггса обставлена в стиле 1970-х годов, в нем выдержаны и стулья, и лампы, и то, что висит на стенах. Полки заполнены художественной литературой, выпусками “Grammophone”, на журнальном столике навалены номера “Scientific American”, “Physics World” и “Private Eye”. У одной стены его гостиной стоит винтажный музыкальный центр фирмы “Leak” с WiFi.

Когда началась наша переписка, одно сразу же стало ясно: образ Хиггса, такого затворника-гения, как и любой удобный стереотип, абсолютно не отвечает

действительности. Хиггс на пенсии, но по-прежнему необычайно занят. Все бумажные и электронные журналы и газеты всех стран мира бомбардируют его просьбами об интервью. Многие остаются ни с чем, другим приходится долго ждать ответа. Он зашел в своей обороне так далеко, что старается отвечать даже на телефонные звонки только тогда, когда знает, кто звонит. “У меня нет мобильного телефона, но меня, вероятно, заставят завести его мои сыновья; они считают, что должны всегда знать, что со мной происходит, – говорит он. – Даже если я не хочу отвечать на звонки, я должен быть в состоянии отправить сообщение типа “Помогите! Я лежу на полу парализованный!”.

Хиггс избегает компьютеров и электронной почты – это отголосок мрачного опыта по использованию допотопных компьютеров в его студенческие годы. Когда он заканчивал кандидатскую, приходилось ночами ждать результаты расчетов. “Я, вероятно, доведу свою позицию до абсурда, не связываясь с современной вычислительной техникой”, – говорит он.

Хиггс не совсем доволен тем, что коллайдер LHC в ЦЕРНе и несостоявшийся американский Сверхпроводящий суперколлайдер позиционируются как машины только для охоты на бозон Хиггса. Ведь если частицы не обнаружат, люди спросят: не были ли эти огромные многомиллиардные машины пустой тратой времени и денег? “На ШС будут проверять глубочайшие идеи, такие как суперсимметрия и существование дополнительных измерений, а не только искать частицы Хиггса. То, что пишется иногда в СМИ, слегка оскорбительно для разумной общественности”, – говорит он.

Мы сидим и беседуем, и Хиггс рассказывает историю о том, как он однажды наткнулся в пустоте пространства на нечто, дающее частицам массу. “Этонечто оказалось невероятно важным, – говорит он, сложив руки так, что пальцы одной могли потирать локоть другой. – Если бы оно не существовало там, нас бы не было здесь”. Он надеется на то, что ученые найдут более одной частицы Хиггса, если повезет – целый набор, который предсказывается теорией суперсимметрии.

В тот день, когда я впервые пришел к Хиггсу, в Эдинбурге был в полном разгаре ежегодный международный фестиваль, который и привлек когда-то давно, в далеком 1949 году, его в этот шотландский город. У старого ученого были планы на вечер, и время беседы истекло – он собирался посетить вечер мадригалов Монтеверди. Беседа наша закончилась, и я направился к дверям. Уже покидая дом Хиггса, я спросил, что бы он испытал, узнав, что ученые все-таки нашли его бозон. “Я бы почувствовал облегчение, – ответил он. – Путь к этому открытию был так долог...”

Послесловие

Более года прошло с тех пор, как начались поиски новых законов физики на Большом адронном коллайдере, спрятанном под зелеными полями в пригороде Женевы. Машина продемонстрировала великолепные характеристики, превзошедшие самые смелые ожидания конструкторов. На момент написания этих строк (ноябрь 2011 года) LHC побил рекорд по числу зарегистрированных столкновений – их ученые получили даже больше, чем могли мечтать.

Но как насчет бозона Хиггса? Для всех, кто участвует в поиске, это было интересное, но вместе с тем и тревожное время. Они не нашли доказательств того, что частица существует, но вплотную приблизились к окончательному решению. Охотники за частицей Хиггса – не единственные, кто пребывает в состоянии ожидания. На БАКе зарегистрировано четыреста триллионов протон-протонных столкновений, и все они без исключения лишь подтверждают уже известные физические законы.

Не раз появлялся намек на то, что бозон Хиггса – реальность. В июле 2011 года команды многофункциональных детекторов “Атлас” и CMS сообщили о сигналах, которые, возможно, были первыми следами неуловимой частицы. Волнующая новость кругами разошлась по всему миру, но пьянящее ощущение близкого открытия длилось недолго. Через месяц сигналы исчезли, а сомнения в том, что они были вызваны частицами Хиггса,

остались.

Однако кольцо вокруг этих частиц быстро сжимается. Область энергий, где они могут скрываться, сократилась – исключен интервал масс от 145 до более чем 460 GeV. Таким образом, если бозон Хиггса существует в простейшем виде, описываемом Стандартной моделью, то есть в виде единственной частицы, для него остался только тонкий интервал масс от 115 до 144 GeV.

Перед тем как ЛНС был построен, физики подозревали, что частица Хиггса, если она все-таки существует, скрывается на нижнем крае оставшегося диапазона масс. Они знали также, что эта область – самая трудная для поисков, потому что в этом же диапазоне лежат массы еще множества субатомных частиц, и в трековых дебрях разобраться очень нелегко. Все, что ученые могут сделать, – это сталкивать как можно больше частиц и надеяться, что со временем неуловимая частица проявится на фоне других осколков.

По словам генерального директора ЦЕРНа Рольфа Дитера Хойера, ученые, работающие на коллайдере, скорее всего, до конца 2012 года либо найдут бозон Хиггса по версии Стандартной модели, либо докажут, что он не существует. Отключение, запланированное на конец 2012 года, будет длиться от 12 до 18 месяцев. За это время инженеры проведут необходимые ремонтные работы и в начале 2014 года запустят машину на полную мощность. Тогда движущиеся в противоположных направлениях протонные пучки впервые достигнут суммарной энергии 14 TeV.

В конце августа 2011 года Фабиола Джанотти, глава команды “Атласа”, сказала мне, что физикам нужно набраться терпения и сосредоточиться на поисках бозона Хиггса. “Он так близко, – сказала она. – Мне кажется, я могу прикоснуться к нему рукой”.

30 сентября 2011 года в лаборатории Ферми было объявление о закрытии ускорителя “Теватрон” – Министерство энергетики США отказалось финансировать продление программы коллайдера. Лаборатория устроила банкет, длившийся весь день, чтобы отпраздновать заслуги “Теватрона”. Старая рабочая лошадка была отправлена на свалку истории нажатием большой красной кнопки, перекрывшей пучки коллайдера и устремившей все оставшиеся частицы на толстой металлический блок. Среди участников того праздника был и 89-летний Леон Ледерман, бывший директор лаборатории Ферми, в глазах которого все еще вспыхивали озорные огоньки, и Лин Эванс, бывший руководитель проекта ЛНС, который, уйдя на пенсию в 2010 году, большую часть времени проводит на поле для гольфа.

Хотя ЛНС обошел “Теватрон”, американский коллайдер до конца продолжал охотиться на бозон Хиггса. Он исключил изрядный диапазон масс бозона, но, как и ЛНС, оставил участок малых масс неисследованным. Его последнее слово по поводу бозона Хиггса прозвучит в начале 2012 года, когда команды детекторов CDF и DZero объединят все свои данные в последнем отчете.

После демонтажа “Теватрона” у Фермилаба начнется новая жизнь. Вместо того чтобы конкурировать с ЛНС в области высоких энергий, лаборатория направит свои усилия на производство самых интенсивных пучков протонов в мире, что позволит получить тончайший инструмент для изучения редких субатомных процессов и взаимодействий с участием таинственных частиц нейтрино.

Долгие годы человечество ждало новостей об открытии бозона Хиггса. Особенно долгим ожидание было для тех, кто первым, еще в 1964 году, выдвинул теорию происхождения массы частиц. Члены “Великолепной шестерки” никогда не встречались вместе и, к сожалению, никогда уже не встретятся. В мае 2011 года после продолжительной болезни умер Роберт Браут. Браут, физик из Свободного университета Брюсселя, со своим коллегой Франсуа Энглером первыми опубликовали работу на эту тему. Остальные – Джеральд Гуральник, Дик Хаген, Том Киббл и сам Питер Хиггс – продолжают наблюдать за развитием событий со стороны.

Конечный результат все еще неясен. Бозон Хиггса может быть простым и существовать в единственном числе, как учит Стандартная модель, или он может оказаться еще более

экзотичным зверем. До сих пор полученные результаты не исключают существования суперсимметричных частиц Хиггса. И конечно, есть шанс, что бозон Хиггса вообще не существует в природе – ни в каком виде.

Вместо того чтобы привести физиков в отчаяние, перспективы существования не одного, а нескольких частиц Хиггса, равно как и отсутствия бозонов Хиггса в природе, заставляют их головы кружиться от волнения. Любой из этих результатов позволит понять, что нарушает симметрию между электромагнитным и слабым взаимодействием и делает ранее безмассовые частицы массивными.

При всей неопределенности ситуации есть одна вещь, в которой мы можем быть уверены. Если бозон Хиггса наконец будет пойман или если найдется достаточно доказательств его несуществования, нам не придется ждать пресс-конференции или подходящей научной конференции, на которых ученые объявят об этой новости, – она сразу же взорвет всю блогосферу¹⁹⁸ и средства массовой информации. Возможно, это к лучшему. Ожидание явно затянулось.

Библиография

- Aleph collaboration, 'The Aleph experience', Cern report, January 2006.
Ananthaswamy A., 'Glimpses of the God particle', New Scientist, March 2007.
Araf'eva I., and Volovich, I., 'Time machine at the LHC', arXiv, October 2007.
Arnaudon L., et al., 'Effects of terrestrial tides on the LEP beam energy', Cern report, March 1994.
Bajko M., et al., 'Report of the task force on the incident of 19 September 2008 at the LHC', Cern project report 1168,2008.
Berton J., 'Catching rays with radiation man', East Bay Express, August 2003.
Brooks M., 'Does time travel start here?' New Scientist, February 2008.
Calogero F., 'Might a laboratory experiment destroy planet Earth', Interdisciplinary Science Reviews, 2000.
Cashmore R., and Sutton C., 'The origin of mass'. New Scientist, April 1992.
Cline D., Weak Neutral Currents: The Discovery of the Electro-weak Force, Westview Press. 1997.
Close F., Antimatter, Oxford University Press, 2009.
Crease R., 'Case of the deadly strangelets', Physics World, 2000.
Cropper. William H., Great Physicists: The Life and Times of Leading Physicists from Galileo to Hawking. Oxford University Press, 2001.
Ellis J., et al., 'A phenomenological profile of the Higgs boson'. Nuclear Physics B. 1976.
Ellis J., et al., 'Review of the safety of LHC collisions', Journal of Physics G, 2008.
Englert F., and Brout R., 'Broken symmetry and the mass of gauge vector bosons', Physical Review Letters, August 1964.
Fancey N., 'Interview with Peter Higgs', Physics Education, January 1998.
Farmelo Graham, The Strangest Man: The Hidden Life of Paul Dirac, Quantum Genius, Faber and Faber, 2009.

¹⁹⁸ 13 декабря 2011 года в ЦЕРНе состоялось заседание групп детекторов "Атлас" и CMS, на котором сделали доклады представители групп – Фабиола Джанотти и Гвидо Тонелли соответственно. Они подвели итоги первого периода работы коллайдера при пониженных энергиях. Фабиола Джанотти рассказала о двух достижениях своей группы – исключении с 95-процентной вероятностью масс для бозона Хиггса за пределами интервала от 115,5 до 121 ГэВ и получении свидетельств рождения бозона Хиггса с массой 126 ГэВ при статистической значимости 2.3 сигма. Гвидо Тонелли заявил об исключении интервала масс для бозона Хиггса 127-600 ГэВ. Ученые ЦЕРНа выразили надежду на то, что уже в 2012 году после включения обновленного коллайдера с увеличенной светимостью будет набрана достаточная статистика для заявления о настоящем открытии бозона Хиггса.

- Giudice Gian Francesco, *A Zeptospace Odyssey: A Journey into the Physics of the LHC*, Oxford University Press, 2010.
- Glashow S., 'Towards a unified theory: Threads in a tapestry', Nobel lecture, December 1979.
- Glashow S., and Wilson, R., 'Nuclear physics: Taking serious risks seriously', *Nature*, December 1999.
- Gould S.J., 'Ice-nine, Russian style'. *New York Times*, August 1981.
- Greene B., *The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory*, Vintage Books, 1999.
- Guralnik G., Hagen C. R. and Kibble T., 'Global conservation laws and massless particles'. *Physical Review Letters*, November 1964.
- Halpern P., *Collider: The Search for the World's Smallest Particles*. Wiley, 2009.
- Hawking S. W., 'Virtual black holes', arXiv, October 1995
- Higgs P. W., 'Broken symmetries, massless particles and gauge fields'. *Physics Letters*, September 1964.
- Higgs P. W., 'Broken symmetries and the masses of gauge bosons', *Physical Review Letters*, October 1964.
- Higgs P. W., 'Spontaneous symmetry breakdown without massless bosons', *Physical Review*, May 1966.
- Hoddeson L. et al., *The Rise of the Standard Model: Particle Physics in the 1960s and 1970s*, Cambridge University Press, 1997.
- Hoddeson L. et al., *Fermilab: Physics, the Frontier and Megascience*, The University of Chicago Press, 2008.
- Jaffe R.L., 'Review of speculative "disaster scenarios" at RHIC', Brookhaven National Laboratory report. July 2000.
- Jammer M., *Concepts of Mass in Contemporary Physics and Philosophy*, Princeton University Press, 2000.
- Kane G., 'The dawn of physics beyond the standard model'. *Scientific American*, June 2003.
- Kane G., 'The mysteries of mass', *Scientific American*, July 2005.
- Konopinski E., et al., 'Ignition of the atmosphere with nuclear bombs', Declassified technical report. Los Alamos National Laboratory, 1946.
- Krige J., 'Distrust and discovery: The case of the heavy bosons at Cern', *Isis*, September 2001.
- Leake J., 'Big bang machine could destroy Earth', *Sunday Times*, July 1999.
- Lederman L., and Teresi D., *The God Particle: If the Universe is the Answer, What is the Question?*, Mariner Books, 2006.
- Llewellyn-Smith C., 'How the LHC came to be', *Nature*. July 2007.
- Maddox, M., 'The case for the Higgs boson', *Nature*, April 1993.
- Mironov A., et al., 'If LHC is a mini-time-machines factory, can we notice?', arXiv, October 2007.
- Pais A., *Inward Bound: Of Matter and Forces in the Physical World*, Oxford University Press, 1986.
- Quigg C., 'Spontaneous symmetry breaking as a basis of particle mass'. *Reports on Progress in Physics*, 2007.
- Quigg C., 'The coming revolutions in particle physics', *Scientific American*. February 2008.
- Randall L. *Warped Passages: Unravelling the Mysteries of the Universe's Hidden Dimensions*. Allen Lane. 2005.
- Rees M., *Our Final Century: Will Civilisation Survive the Twenty-First Century?*. Arrow Books. 2003.
- Salam A., 'Gauge unification of fundamental forces', Nobel lecture. December 1979.
- Salam A., *Unification of Fundamental Forces*, Cambridge University Press, 1990.
- Salam A., 'The role of chirality in the origin of life', *Journal of Molecular Evolution*, 1991.
- Schopper H., *LEP: The Lord of the Collider Rings at Cern 1980-2000*, Springer, 2009.

- Shears T. G., et al., 'In search of the origin of mass', Philosophical Transactions of the Royal Society, October 2006.
- Smolin L., The Trouble with Physics: The Rise of String Theory, the Fall of Science and What Comes Next, Allen Lane, 2006.
- Steinhardt P.J. and Turok N., Endless Universe: Beyond the Big Bang, Weidenfeld and Nicolson, 2007.
- Stewart I., Why Beauty is Truth: A History of Symmetry, Basic Books, 2007.
- 't Hooft G., 'A confrontation with infinity', Nobel lecture, December 1999.
- Veltman M., 'From weak interactions to gravitation', Nobel lecture, December 1999.
- Weinberg S., 'A model of leptons', Physical Review Letters, November 1967.
- Weinberg S., The First Three Minutes: A Modern View of the Origin of the Universe, Basic Books, 1977.
- Weinberg S., 'Conceptual foundations of the unified theory of weak and electromagnetic interactions', Nobel lecture, December 1979.
- Weinberg S., Dreams of a Final Theory: The Scientist's Search for the Ultimate Laws of Nature, Vintage Books, 1992.
- Weinberg S., Facing up: Science and its Cultural Adversaries, Harvard University Press, 2001.
- Weinberg S., 'From BCS to the LHC', Cern Courier, January 2008.
- Wilczek F., 'Masses and molasses', New Scientist, April 1999.
- Wilczek F., 'Mass without mass: Part I, Physics Today, November 1999.
- Wilczek F., 'Mass without mass: Part II, Physics Today, January 2000.
- Wilczek F., 'The origin of mass', MIT annual paper, 2003.
- Wilczek F., 'Asymptotic freedom: From paradox to paradigm', Nobel lecture, December 2004.
- Wilczek F., 'In search of symmetry lost', Nature, January 2005,
- Wilczek F., The Lightness of Being. Basic Books. 2008.
- Woit P., Not Even Wrong: The Failure of String Theory and the Continuing Challenge to Unify the Laws of Physics, Jonathan Cape, 2006.

Благодарности

Эта книга возникла из-за того, что физики однажды нашли время поделиться своей страстью со мной. Именно благодаря их энтузиазму я увлекся физикой элементарных частиц и заинтересовался бозоном Хиггса. Тысячи людей вносили свой вклад в его историю на протяжении многих лет, и, рассказанная во всех деталях, она могла бы стать темой множества книг. Моя книга – лишь одна из версий тех событий.

Питер Тэллак из музея "Фабрика науки" с самого начала был большим сторонником идеи этой книги, и его советы и уговоры были бесценными. Я в долгу перед моими редакторами в "Virgin", Эдом Фолкнером и Дэйвиной Рассел, энтузиазм которых помог превратить эти записи в книгу. Спасибо также Ларе Хаймерт, моему американскому редактору из "BasicBooks", чье руководство очень мне помогло.

Спасибо Нику Хопкинсу, главному редактору "Guardian" – он дал мне отпуск, без которого я бы не справился с задачей. Спасибо моим коллегам Алоку Джа, Дэвиду Адаму, Карен Маквей и Джеймсу Кингсленду за прикрытие. Бывший коллега посоветовал мне тогда лучше писать о еде. Жалею, что не послушал его.

Огромное число ученых и инженеров потратили свое драгоценное время на то, чтобы поговорить со мной, когда я собирал материал для книги, и я глубоко благодарен им всем. Окончательная версия книги была значительно улучшена благодаря тем, кто проверил мои неуклюжие черновики, а именно: Стивену Вайнбергу, Джону Эллису, Майклу Фишеру, Лину Эвансу, Джону Конвею, Джерри Гуральнику и Дику Хагену. Питер Хиггс предоставил всеобъемлющие и бесценные комментарии по ключевым вопросам и во многих местах

поправил меня. Я очень ему обязан и вряд ли смогу когда-нибудь его отблагодарить должным образом.

Благодарю Фримена Дайсона за то, что он восстановил в своей памяти посещение в 1966 году Питером Хиггсом Института перспективных исследований и за его воспоминания о Роберте Оппенгеймере. Мои благодарности также шести ученым, авторам идеи, объяснившим их вклад в теорию происхождения массы: Франсуа Энглери, Роберту Брауту, Питеру Хиггсу, Джерри Гуральнику, Дику Хагену и Тому Кибблу.

Сотрудники архива Королевского колледжа Лондона превратили поиски старых протоколов Максвелловского общества в настоящее удовольствие. Спасибо также кураторам Специальной коллекции документов Авы Хелен (жены Лайнуса Полинга) и Лайнуса Полинга в университетских библиотеках штата Орегон за их ошеломляющую эффективность в поисках переписки Хиггса и Лайнуса Полинга. Работа сотрудников, ответственных за архив Бертрана Рассела в Университете МакМастера, также весьма впечатляет. Сотрудники зала научного чтения Британской библиотеки были неизменно компетентны и всегда в ответ на мои просьбы оказывали помощь в поиске необходимых научно-исследовательских работ и материалов слушаний в конгрессе США.

Бен Алланх в Кембриджском университете и Джан Франческо Гвидичи в ЦЕРНе больше других помогли мне понять механизм Хиггса. Я очень благодарен им обоим. Спасибо также Алану Гуту и Паулю Штейнгардту, которые объяснили мне важнейшие аспекты теории инфляции.

Стивен Вайнберг был настолько любезен, что рассказал мне о всех перипетиях своей работы, получившей Нобелевскую премию, и помог не опоздать на самолет. Герард 'т Хоофт и Вельтман Мартинус помогли мне понять суть их работы по механизму Хиггса, а также почему частицы Хиггса могут оказаться невидимыми или просто не существовать.

Я благодарен Фрэнку Вильчеку и Джону Марбургеру за то, что они восприняли мои вопросы о сценарии конца света серьезно, а также Стивену Хокингу и Гордону Кейну за то, что поделились своими мыслями о том, будут ли частицы Хиггса когда-либо найдены. Группа ученых, работающих в области физики высоких энергий в Университетском колледже Лондона, в том числе Дэвид Миллер, Джонатан Баттерворт, Марк Ланкастер и Никое Константиноидис иногда рассказывали интереснейшие истории, иногда мудро руководили мной, а часто делали и то и другое одновременно.

Элвин Трайвелпис оказал неоценимую помощь, собрав воедино истории, связанные со Сверхпроводящим суперколлайдером. Его глубокие знания были для меня крайне важны.

В лаборатории Ферми Курт Риссельман помог мне организовывать интервью, а благодаря Адриенн Колб я получил фантастически свободный доступ к обширным архивам лаборатории. Ученые, работающие в Фермилабе, – Крис Квигг, Леон Ледерман, Дмитрий Денисов, Роберт Розер, Джакомо Кенигсбер и Джон Конвей – щедро потратили на меня свое время и помогли советами.

В ЦЕРНе Джеймс Гиллис и другие сотрудники отдела по связям с общественностью помогали организовывать интервью, и в некоторых случаях обеспечили мне крышу над головой. Нынешние или бывшие сотрудники ЦЕРНа всегда были готовы помочь и были неизменно терпеливы. Я особенно благодарен Джосу Ангелену, Лучано Майани, Хервигу Шопперу, Крису Талли, Роберто Течини, Фабиоле Джанотти, Джиму Вирдее, Джону Суэйну, Джону Эллису и Патрику Жано. Особая благодарность Лину Эвансу и Роджеру Кэшмору, которые уделили мне много времени, разъясняя научные и технические детали.

Когда я начал работу над книгой, я не слышал о воротах Хиггса или скрытых мирах. Я очень благодарен Джеймсу Уэллсу в ЦЕРНе и Джону Марч-Расселу из Оксфордского университета за их потрясающе интересные рассказы.

Наконец, я благодарен моим друзьям и семье, которым я в равной мере и наскучил, и не уделял достаточного внимания: спасибо за то, что не бросили. Наконец, свою искреннюю благодарность выражаю Джо Марчанту, терпение и советы которого держали меня на плаву, и Поппи, ради которой стоило все это закончить.

