

Олег Фейгин

ПРО ПАРАДОКСЫ НАУКИ



Олег Орестович Фейгин
PRO парадоксы науки
Серия «Просто... (Страта)»

Текст предоставлен издательством
http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=55304523
Pro парадоксы науки: Страта; Санкт-Петербург; 2018
ISBN 978-5-6040989-8-1

Аннотация

Складывающийся в последнее время глубоко парадоксальный образ новой физической реальности настолько резко отличается от привычного, что возникает все более серьезная проблема его описания в общедоступных понятиях. Все чудеса окружающего мира блестяще объясняет современная наука, проблемам, задачам и открытиям которой и посвящена настоящая книга. В ней рассказывается о разнообразных парадоксах и свершениях физики, астрономии, математики, кибернетики, биохимии и материаловедения. Книга рассчитана на самый широкий круг читателей, интересующихся современными научными представлениями о строении окружающей физической реальности.

Содержание

Глава 1. Мир большого взрыва	7
Глава 2. Антиматерия	15
Глава 3. Гравитационный коллапс	21
Глава 4. Стабильность материи	31
Глава 5. Теория Всего	39
Глава 6. М-браны миров	43
Конец ознакомительного фрагмента.	49

Олег Фейгин

Про парадоксы науки

© Фейгин О. О., 2018, текст

© ООО «Страта», 2018

* * *

Наступившее третье тысячелетие нашей эры подводит итог целой плеяде величайших научно-технических достижений, определивших гигантский прогресс, который достигнут наукой и техникой за последнее время. Давно ли использование внутриатомной энергии вызывало «чернобыльский синдром» и казалось делом далекого будущего? Теперь строительство термоядерных реакторов уже вошло в реальные планы международного научного сообщества. На воде и под водой энергия покоренного атома уже давно служит человеку, теперь ее очередь осваивать космическое пространство. Полстолетия назад поднялись в воздух первые современные ракеты, а сегодня становится реальностью космический туризм, первые частные космические корабли уже совершили полет. Наконец, мир стал свидетелем грандиозного триумфа ученых, запустивших космические миссии в глубь Солнечной системы и на Марс и создавших МКС – международную космическую станцию.

Быстро развиваются нанотехнологии, обещающая произвести переворот в радиоэлектронике, продвинуть далеко вперед гелиоэнергетику, приборостроение, автоматику. Настоящим научным чудом кажутся уверенные шажки человекообразного робота, везде сопровождающего японского премьер-министра, а на очереди уже создание совершенно фантастических квантовых компьютеров. Такие сверхбыстродействующие электронные вычислительные машины смогут производить сложнейшие расчеты за ничтожно малое время. Образно их называют «думающими», им вполне доступна настоящая творческая деятельность, подобные кибернетические устройства с недостижимой для человека точностью и быстротой управляют производством; появились «разумные» машины, которые могут автоматически выполнять переводы с разных языков, решать всевозможные задачи, сочинять стихи и играть в шахматы лучше человека.

Удивительны достижения наук, которые изучают вещество и помогают переделывать его, и здесь уже столетие уверенно лидирует одна из самых фундаментальных наук – квантовая физика, открывая все новые элементарные частицы и все глубже проникая в сокровенные тайники материи. Ученые – люди трезвого ума, далекие от беспочвенных мечтаний, но их современные слова о научно-техническом прогрессе часто звучат как откровенная фантастика. Так какие же перспективы откроются, например, в первой четверти двадцать первого века? Что сулит науке грядущее, какие по-

беды ждут человека впереди? Что можно увидеть, если попытаться проникнуть мысленным взором в даль времен?

Теперь уже читателю должно быть ясно, каким целям служит предлагаемая книга, рассказывающая о главных проблемах и задачах современной науки, неоднозначных поисках, ошибках, сомнениях искателей истины. Ведь подлинно интересно и увлекательно только то, что связано с победой над трудными научными проблемами, что не так-то легко дается. Поэтому и настоящая наука начинается там, где кончается наше знание и начинается тернистый путь в неведомое.

Идея настоящей книги была подсказана автору много лет назад на общемосковском физическом семинаре выдающимся ученым-энциклопедистом, нобелевским лауреатом, академиком В. Л. Гинзбургом. Виталий Лазаревич всегда говорил, что его задел в популяризации достижений физики и астрофизики надо расширить и на смежные науки. Впоследствии много полезных замечаний по первоначальному варианту рукописи сделал и академик Э. П. Кругляков.

Глава 1. Мир большого взрыва

Вселенная настолько велика в пространстве и во времени, что в течение почти всей истории человечества она оставалась недоступной как для наших приборов, так и для нашего разума...

М. Тернер.

Происхождение Вселенной

Самая глубокая тайна заключается в том, почему что-либо существует вообще. Что вдыхает жизнь в уравнения физики и воплощает их в реальном космосе? Подобные вопросы, впрочем, не относятся к области точных наук: привилегия их решения принадлежит философам и богословам.

М. Рис.

Наша космическая обитель

Как-то раз всемирно известный британский физик-теоретик Стивен Хокинг с грандиозным успехом проводил очередной американский лекционный тур. Послушать первую лекцию знаменитого ученого в Калифорнийском технологическом институте на животрепещущую тему происхождения Вселенной собралась масса разношерстной публики. Ценителям творчества Хокинга пришлось приложить значительные усилия, чтобы отвоевать место в переполненной аудитории. Счастливики, попавшие на лекцию, услышали удивив-

тельный рассказ прикованного к инвалидному креслу ученого. При помощи синтезатора речи «новый Эйнштейн» он поведал пораженным слушателям о том, как, по его мнению, произошло рождение нашего мира.

Среди восторженно внимавших откровениям английского профессора был и Джозеф Ликкен, сотрудник Фермилаба (Национальной лаборатории имени Энрико Ферми близ Чикаго). Утомленный перелетом из Чикаго, доктор Ликкен увлекся собственными мыслями, навеянными монотонным синтез-войсом Хокинга, и незаметно задремал...

В клубящейся пустоте что-то происходило. Невдалеке друг от друга парили вселенные-мембраны. Вот две из них соприкоснулись краями, вызвав вспышку колоссального взрыва. Даже не заметив порожденного ими катаклизма, мембраны величественно разошлись в разные стороны.

Мелькали миллиардолетия, и в точке столкновения мембран материя неотвратимо сгущалась до сверхкритического предела плотности. Вот пройден последний барьер, и начинается процесс коллапса – провала пространства-времени внутрь себя под собственным весом. Так возникают загадочные черные дыры, таящие внутри себя нечто трудно постижимое.

«А если провал пространства захватит целый мир?» – с ужасом подумал доктор Ликкен. Его внутреннему взору предстала нереальная картина путешествующих от дыры к дыре странных

сущностей. Это были демоны Хокинга – существа со сверхъестественными способностями, порожденные фантазией кембриджских физиков. Нарушая все физические законы, они роились вокруг черной дыры, заглядывая в зев коллапсара.

«Что же ищут эти физические демоны?» – удивленно подумал доктор Ликкен. Вот один из них ринулся в глубину коллапсара, и его глазами сотрудник Фермилаба увидел, как внутри дыры происходит нечто очень странное. В самоуплотняющемся ядре коллапсара начался какой-то таинственный процесс. Фантастическое зрение демона позволяло зафиксировать момент своеобразного фазового перехода. Все это походило на то, как пространство «воды» превращается в пространство «льда», или наоборот. Вот центральное «яйцо» лопнуло – и ослепительная вспышка предвосхитила начало нового Большого взрыва. Внутри черной дыры родился новый мир, в котором через 13,81 миллиардолетий на третьей планете незаметной звезды, затерянной в одном из рукавов гигантской спиральной галактики, возникнет разум...

Вздрыгнув от толчка коллеги, доктор Ликкен очнулся от своих грез и под укоризненными взглядами окружающих стал лихорадочно набрасывать в блокнот неожиданно пришедшие мысли о печальной судьбе расширяющегося мироздания.

В конце сороковых годов прошлого столетия битва меж-

ду сторонниками вечной и неизвестной Вселенной и расширяющимся миром достигла своего апогея. В то время одним из главных противников «динамической эволюционирующей модели» был британский астроном Фред Хойл, впоследствии получивший широкую известность благодаря своим фантастическим романам («Черное облако», «Оссианский бег», «Комета Галлея» и др.).

Однажды, участвуя в научно-популярной передаче BBC, Хойл рассказывал, как в конце двадцатых годов прошлого века американский астроном Э. Хаббл утверждал, что далекие галактики разлетаются от нас со скоростью, пропорциональной их удаленности. Чем дальше галактика, тем с большей скоростью она уносится от нас и тем больше «краснеет» для земного наблюдателя. Здесь проявляется тот самый эффект Доплера, который мы наблюдаем у проносящегося мимо гудящего поезда. Вначале слышится высокий тон, а по мере удаления он приобретает басовитое звучание. Точно так же приближающиеся к нам звезды и галактики «голубеют», а удаляющиеся «краснеют». Закон разбегания галактик Хаббла привел к модели расширяющейся Вселенной. Получается, что в каждой точке мы видим разлетающиеся от нас звезды, галактики и их скопления. Есть, конечно, и редкие исключения, вроде галактики Андромеды, движущейся навстречу, но они мало нарушают общую картину.

Отстаивая свою гипотезу непрерывного рождения материи, Хойл запальчиво доказывал: «Эта теория основана

на предположении, что Вселенная возникла в процессе одного-единственного мощного взрыва и потому существует лишь конечное время... Эта идея Большого взрыва кажется мне совершенно неудовлетворительной».

Так возник термин «Большой взрыв» (Big Bang), который правильнее было бы перевести как «Большой хлопок», согласно тому уничижительному смыслу, который вкладывал в него сам Хойл.

Последствия Большого взрыва можно наглядно увидеть на макете Вселенной в виде раздувающегося воздушного шара с приклеенными изображениями скоплений галактик. Сами изображения не меняются, а расстояние между ними непрерывно увеличивается. Из любой точки поверхности шара будет казаться, что она является мнимым центром мира, от которого происходит его расширение.

Раз все (или почти все) космическое окружение разлетается во все стороны, то когда-то оно было собрано вместе. Эта странная точка с практически бесконечной плотностью материи и энергии получила название центра Большого взрыва.

Как только возникла модель Большого взрыва, ученый мир понял, что природа бросает ему беспрецедентный вызов. Ведь по любым построениям получалось, что в момент рождения нашего мира физика не действовала, поскольку ни одно уравнение не решается для бесконечных величин. Еще более непонятным было то, из чего появился зародыш Вселенной. Потребовались очень большие усилия теорети-

ков, наделенных большой физико-математической фантазией, чтобы возникли разные образы очень таинственного «нечто» – из чего возник наш мир.

Конечно же, тут перед нами предстают совершенно необычные варианты состояния иного пространства-времени. Ведь в нашей повседневной реальности вокруг нас не рождаются новые вселенные! И даже если бы это происходило, то мы просто бы перенесли вопросы рождения мироздания в эту старую Вселенную, а потом в еще более старую и т. д. Поэтому физики и рассматривают среду возникновения нашего мира как суперпространство со многими измерениями.

Укрощая математического дракона бесконечностей, физики пришли к выводу, что, если Большой взрыв и имел место, плотность материи в тот момент не была бесконечной, а Вселенная, возможно, существовала и до него. В некоторых космологических сценариях предполагается, что у времени нет ни начала, ни конца. В иных она успевает пройти несколько циклов гибели и возрождения.

Как же в действительности развивался вселенский катаклизм Большого взрыва?

Если следовать наиболее модным сегодня представлениям, то перед нами в начале начал предстает лишь бушующая пустота, наполненная энергией и особыми виртуальными частицами. Ровную гладь этого загадочного океана скрытой энергии лишь изредка вспенивали всплески – флуктуа-

ции. Но вот одна из флуктуаций случайно превысила некую незримую грань и тут же взорвалась, начав невообразимо быстро расти вдоль и поперек. Так начался инфляционный рост новорожденной Вселенной.

Космологи до сих пор спорят о том, какие же физические факторы запустили это необычное инфляционное расширение. Неясно также, отчего закончилась (и закончилась ли вообще!) инфляция пространства нашего мира. Сегодня можно найти больше полусотни объяснений этого процесса, а это означает, что до консенсуса еще далеко. Но именно потому, что теоретики пока не выяснили механизм инфляции, они не могут гарантировать, что он сработал лишь один раз и с тех пор навеки остановился. Иначе говоря, если уж инфляция однажды произошла, почему бы не предположить, что она может случаться многократно?

Среди нерешенных задач современной космологии и космогонии теория вечной инфляции выделяется своей оригинальностью, предполагая, что квантовые флуктуации, подобные тем, которым мы обязаны существованием нашего мира, могут возникать самопроизвольно и в любом количестве. Они способны давать начало рождению все новых и новых вселенных. Не исключено, что и наше мироздание вышло из флуктуационной зоны, сформировавшейся в мире-предшественнике.

Предполагаемое решение данной задачи в космологии будущего может допускать, что когда-нибудь и где-нибудь в на-

шей собственной вселенной возникнет флуктуация, которая создаст юную вселенную совсем иного рода, тоже способную в дальнейшем к космологическому «деторождению». Можно даже пойти дальше и построить модель, в которой инфляционные вселенные возникают непрерывно, отпочковываясь от своих родительниц и находя для себя собственное место.

Глава 2. Антиматерия

...Мы видим, что возможно построить мир, состоящий из антивещества. Мы достаточно хорошо изучили свойства элементарных частиц, чтобы уверенно утверждать это. Правда, экспериментальная техника пока не позволяет получать антивещество в большом количестве. И тем не менее имеются определенные доказательства, подтверждающие наши выводы... С точки зрения чистой науки это не представляет особого интереса. Мы уже можем рассчитать свойства антиатомов, так как знаем свойства антипротона и позитрона. Мы знаем, что можно создать антивещество, которое будет иметь те же свойства, что и обычное. При этом возникнут трудности, связанные с изоляцией антивещества от обычного, такая изоляция необходима, чтобы предотвратить аннигиляцию.

Г. Альвен.

Миры и антимиры

Очень долго (и окончательно споры еще не утихли) ученые обсуждали вопрос: почему окружающая природа состоит из материи, а не антиматерии, и существуют ли антимиры во Вселенной? Ведь одновременное рождение равного количества вещества и антивещества, равномерно размещенных

в пространстве, неминуемо привело бы к их полной аннигиляции – взаимоуничтожению во вспышке. Ведь физического механизма, который разделял бы вещество и антивещество, до сих пор не выявлено, а тяготение стягивает вместе материю и антиматерию совершенно одинаково. Впрочем, некоторые ученые высказывают оригинальную гипотезу о том, что разлетающаяся после начала Большого взрыва Вселенная была наполнена бушующими магнитными полями.

Эти «магнитные сепараторы» могли бы эффективно разделять положительные протоны от отрицательных антипротонов, не позволяя им аннигилировать. Так в далеких уголках Вселенной могли бы существовать антимирры...

Сейчас физики-экспериментаторы уже не только «производят» отдельные античастицы, но и конструируют из них антиядра и даже антиатомы. Поэтому физики-теоретики всю обсуждают возможность существования антимира – зеркального отражения нашего мира, где абсолютно все микрочастицы заменены их античастицами: электрон – позитроном, протон – антипротоном, нейтрон – антинейтроном и т. д.

В основе этой нерешенной научной задачи лежат опыты тридцатых годов прошлого века, когда в первых высокогорных лабораториях изучался состав космических лучей, непрерывно бомбардирующих нашу планету. Оттуда вскоре пошел поток открытий всевозможных элементарных частиц,

не имеющих ни малейшего отношения к классической атомной триаде: электрону, протону и нейтрону.

Так были обнаружены совершенно поразительные по своей физической природе античастицы. Масса любой античастицы в точности соответствует массе обычной, но все остальные параметры прямо противоположны прообразу. К примеру, все античастицы несут противоположные электрические заряды. Еще удивительнее происходят встречи частиц и соответствующих античастиц. Достаточно им преодолеть микроскопический радиус прямого взаимодействия – и тут же происходит мгновенное взрывное выделение энергии в процессе, который физики называют взаимной аннигиляцией. При этом обе частицы – обычная и ее антипартнер – прекращают существовать, а их масса полностью переходит в энергию аннигиляционной вспышки, распространяя в окружающем пространстве потоки квантов электромагнитного излучения – фотонов и прочих сверхлегких частиц.

Впоследствии следы антиматерии искали повсюду: от аномального поведения некоторых комет до необычных следов в столкновениях элементарных частиц. С помощью гипотезы антиматерии пытались объяснить многие взрывные выделения энергии в дальнем космосе, в частности в ядрах активных галактик. Возможно, убедительные доказательства существования антимира сможет предоставить мощный детектор элементарных частиц, созданный международным коллективом физиков Европейского Центра ядерных исследо-

ваний (ЦЕРН). Для этой цели планируется доставить на МКС уникальное устройство – альфа-магнитный спектрометр, весящий без малого девять тонн.

В других детекторах, широко применяемых в земных высокогорных обсерваториях, гостей из антимиров ищут в так называемых пузырьковых камерах, где микрочастицы оставляют в пересыщенном растворе следы из капелек конденсата наподобие инверсионных следов у высотных самолетов. В свое время исследуя такие следы – треки элементарных частиц – при столкновениях космических лучей с атомами-мишенями, удалось сфотографировать реакции, в которых образовывались частицы с массой электрона, но положительным электрическим зарядом. Так были экспериментально открыты первые античастицы – позитроны, а вскоре построены ускорители элементарных частиц, позволившие обнаружить многие античастицы в лабораторных условиях.

Нерешенная задача поиска гипотетических космических антимиров, полностью построенных природой из античастиц или хотя бы сгустков антиматерии во Вселенной, неразрывно связана с задачей нарушения баланса в первые мгновения Большого взрыва, когда частиц и античастиц должно было бы быть ровно поровну. Решить подобную «антиматериальную» задачу астрофизики надеются с помощью космических сверхчувствительных детекторов микрочастиц. Кроме всего прочего, новые уникальные космические модуль-лаборатории могут прояснить многие тайны,

связанные с загадочными компонентами мироздания: темной материей и темной энергией, которые в совокупности составляют почти всю наблюдаемую Вселенную – метагалактику.

Шведский ученый, лауреат Нобелевской премии Ганнес Альвен (1908–1995), которого большинство астрономов, космологов и астрофизиков до сих пор считают своеобразным еретиком в физике космоса, полагал, что окончательный выбор между различными теориями возможен лишь после того, как будет обнаружено антивещество или доказано, что Вселенная его не содержит. В этом направлении он поддерживал и развивал теорию известного шведского физика Оскара Клейна (1894–1977), считавшего, что наличие обширных областей структурированной антиматерии связано с его моделью терагалактики, состоящей из множества метагалактик. Этот необычный космологический сценарий предполагает, что некогда космос был заполнен разряженным газом «амбиоплазмы», впоследствии конденсировавшейся в метагалактические структуры, расположенные на дистанции во многие триллионы световых лет. Путем сложных построений Клейн доказал, что при такой генерации галактических структур обязательно должны бы образовываться и антимирры.

Правда, Альвен с пессимизмом отмечал, что в настоящее время это не совсем реально, хотя и существуют определенные косвенные аргументы, связанные с колоссальным выде-

лением энергии в пульсарах, квазарах и ядрах активных радиогалактик...

Одно время последователи Альвена и Клейна даже утверждали, что каждая вторая далекая галактика может содержать антиматерию, однако современные наблюдательные данные не поддерживают подобную гипотезу.

Глава 3. Гравитационный коллапс

Астрофизики считают, что черные дыры чаще всего могут образовываться в результате коллапса нейтронных звезд, когда при сжатии их гравитационное поле уплотняется все сильнее и сильнее. Наконец звезда сжимается до такой степени, что свет уже не может преодолеть ее притяжения.

Ж.-П. Люмине.

Черные дыры: Популярное введение

Многие нерешенные задачи науки имеют как бы второе дно, за которым скрывается поиск экспериментальных подтверждений вполне ясных теоретических построений. Такой задачей является исследование гравитационного коллапса – удивительного явления падения очень плотного и массивного вещества под собственным весом «внутри себя». Причем падение бесконечно!

В результате гравитационного коллапса образуются (вернее, должны теоретически образовываться) поразительные небесные тела квазары, состоящие из одной или нескольких черных дыр – объектов, в которых материя сжата настолько плотно, что ее гравитационное поле не выпускает за свои пределы никакого излучения, включая лучи видимого света. Если черная дыра с массой от миллиона до миллиарда

солнечных масс находится в центре галактики с большой плотностью вещества, то это вещество «засасывается» черной дырой. При этом гравитационные силы настолько велики, что заставляют падающее вещество излучать, превращая галактику в активную. Именно это излучение и выдает ученым присутствие квазаров – черных дыр.

По теории черные дыры должны возникать при гравитационном разрушении массивных звезд в процессе гравитационного коллапса – безудержного сжатия умирающего светила под собственным весом. Если черная дыра образовалась где-то в «пустых» просторах космоса, ее практически невозможно наблюдать. Однако ситуация меняется, если гравитационный коллапсар образовался вблизи в газопылевом облаке. Тогда падение межзвездной среды может весьма эффективно высветить провал черной дыры. Однако далеко не каждое космическое тело, провалившееся в черную дыру, даст яркий видимый всплеск излучения. При падении на гравитационный коллапсар газовой среды важна симметрия потока межзвездного вещества – если он сферически симметричен, то излучение энергии будет незначительным. Для существенной «энергетической отдачи» необходим вращающийся вокруг коллапсара аккреционный диск. В этом случае межзвездное вещество, двигаясь по сходящимся к центру черной дыры спиралям, будет сильно разогреваться в плоскости диска. Именно подобные раскаленные диски и надеются когда-нибудь воочию увидеть астрономы.

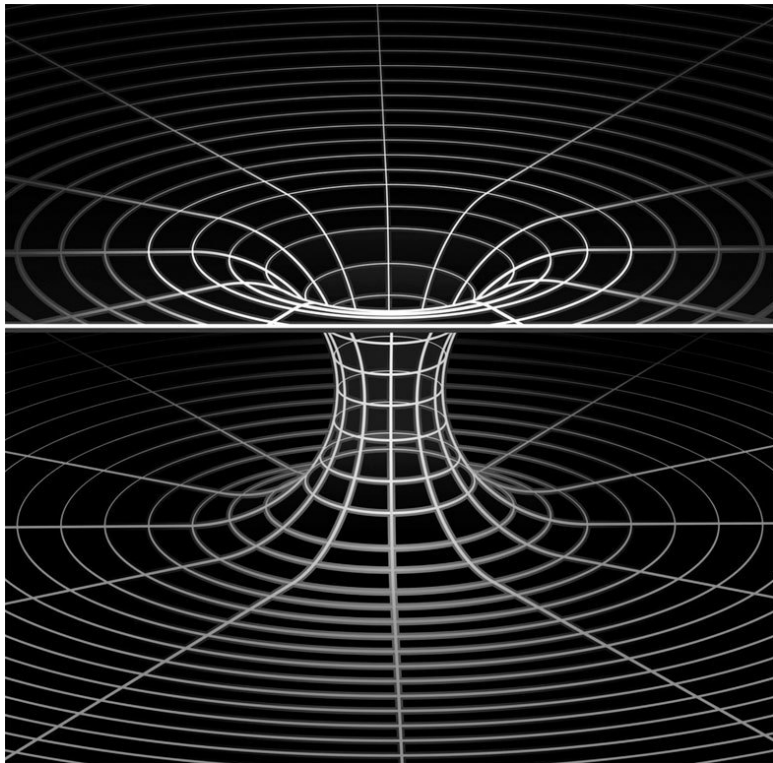


Схема гравитационного коллапса

Не решенная до сих пор научная задача непосредственного наблюдения черной дыры делает несколько двусмысленными многочисленные исследования этих по истине странных космических объектов. Строго говоря, надо говорить

лишь о «кандидатах в черные дыры», но астрономы так уверены в косвенных признаках их существования, что давно уже считают вполне реальными небесными телами. Трудно даже представить, какая их накрывает волна разочарования, если действительность окажется несколько иной...

Согласно современным представлениям черные дыры поглощают световые лучи, проходящие вблизи их поверхностей, и отклоняют лучи, попадающие в их эффективную сферу притяжения. Они легко могут вступать в гравитационное взаимодействие с иными небесными телами, поглощая межзвездное вещество и образуя возле себя планетарные и звездные системы. Вещество, попадающее в сферу притяжения черной дыры, может разогреваться до очень высоких температур, выбрасывая вокруг потоки интенсивного рентгеновского излучения. Исходя из этих в общем-то сугубо теоретических представлений астрономы и считают, что во многих двойных звездных системах источниками рентгеновского излучения являются невидимые компоненты черных дыр.

Недавние астрономические наблюдения с помощью космических телескопов позволяют дать статус кандидатов в черные дыры трудновообразимым гигантам с многомиллиардной солнечной массой. Многие астрономы считают, что подобные сверхмассивные объекты находятся в центре практически всех галактик, играя важную роль в их возникновении и последующей эволюции.

Еще более впечатляющую картину с помощью компьютерных моделей рисуют астрофизики для тесных двойных систем, где аккреционный диск возникает при орбитальном вращении светила и коллапсара, перетекая на черную дыру феерическим потоком звездной плазмы. Вскоре после запуска новых орбитальных рентгеновских телескопов выяснилось, что черные дыры могут активно проявлять себя в тесных двойных системах, в процессах поглощения звездной плазмы, нагревающейся до температуры в миллионы градусов, что и сопровождается всплеском рентгеновского излучения.

Кроме того, возможны и тесные двойные системы исключительно из черных дыр. При этом коллапсары могут сближаться и сливаться, и тогда вблизи них будут ощущаться гравитационные волны – пульсации кривизны пространства-времени. Если вблизи окажется космический корабль, то его будет трясти, сжимать, растягивать, как обычный корабль в сильный шторм. В результате таких слияний должны возникать быстро вращающиеся сплюснутые коллапсары, превращая черные дыры в блины.

Учитывая важнейшие структурные свойства черных дыр (массивность, компактность и невидимость) астрономы постепенно выработали стратегию их поиска. Проще всего обнаружить черную дыру по ее гравитационному взаимодействию с окружающим веществом, например с близкими звездами. Правда, попытки визуально обнаружить невидимые

массивные спутники в двойных звездах по эффектам поглощения ими своих светил-партнеров пока еще не увенчались успехом.

Другим направлением поиска гравитационных коллапсаров может служить изучение ядер галактик. В этих структурных образованиях, которые многие астрофизики связывают с загадочными квазарами, по идее должны скапливаться в сверхплотном состоянии колоссальные количества звездной материи, образованной сталкивающимися и сливающимися светилами. Теория предсказывает, что в подобных условиях вполне могли бы сформироваться сверхмассивные гравитационные коллапсары квазизвездного типа. Притягивая и разрушая окружающие их светила, эти «звездные каннибалы» способны создавать в центре галактик чудовищные аккреционные диски, выбрасывая вдоль их осей грандиозные фонтаны сверхбыстрых струй и потоков микрочастиц. Подобные феерические картины астрофизики уже наблюдали вблизи некоторых галактических ядер, что как минимум указывает на правильное направление поиска сверхмассивных кандидатов в черные дыры, в миллиарды раз превышающих Солнце. Недавние наблюдения в различных частях спектра зафиксировали одного из таких монстров и в глубине Млечного Пути. Там, судя по всему, расположился зародыш или, наоборот, останки квазара, включающие унитарный или множественный коллапсар с массой, превышающей два с половиной миллиона солнц.

Нерешенная задача науки о реальности гравитационного коллапса и наличии объектов, заключающих в себе непонятную сингулярность пространства-времени, является актуальнейшей задачей как астрофизики, так и физики элементарных частиц. Таким же образом существуют и два перспективных пути ее решения – эксперименты на ускорителях элементарных частиц и наблюдения всплесков космического излучения.

Современные космологические сценарии допускают, что коллапс звезд является не единственным способом рождения черных дыр и существуют особые механизмы формирования первичных коллапсаров в ранней Вселенной. Если вспомнить раннюю историю Большого взрыва, то средняя плотность вещества на определенном этапе значительно превышала ядерный уровень и любые, даже незначительные ее колебания в теории могли привести к локальным коллапсам пространства-времени. Электронное моделирование показывает, что в подобных условиях должны были возникнуть особые микроскопические коллапсары много меньше элементарных частиц, но с громадной для таких параметров массой в стотысячные доли грамма. В ходе ранней эволюции Вселенной плотность космической материи стремительно падала, так что рождались все более массивные первичные коллапсары, начиная от размеров нуклонов – протонов и нейтронов и заканчивая обычными звездными параметрами.

Физики-теоретики настойчиво предсказывают существование сверхкороткоживущих микроскопических черных дыр, которые физики-экспериментаторы не менее настойчиво ищут в потоках космических лучей сверхвысоких энергий. Существует даже совершенно фантастический проект массовой генерации подобных микроколлапсаров при взаимодействии очень энергичных встречных пучков элементарных частиц на мощных ускорителях – коллайдерах. Значение факта существования черных дыр для науки трудно переоценить, их «космологический» смысл наличия во Вселенной выходит далеко за рамки астрономии и физики элементарных частиц.

Вообще говоря, сама по себе сверхвысокая плотность вещества новорожденной Вселенной могла быть и недостаточна для генерации микроколлапсаров. Для начала гравитационного коллапса требовались некие флуктуации плотности, достаточно существенные в малых масштабах. Впрочем, даже при отсутствии флуктуаций процессы гравитационного коллапса могли спонтанно происходить во время космологических фазовых переходов. Это могло происходить на самых ранних этапах Большого взрыва, когда только что закончился период инфляционного расширения, или в эпоху ядерной плотности, когда адроны, такие как протоны и нейтроны, конденсировались из кварк-глюонной плазмы.

Процесс излучения энергии и массы микроколлапсара, по расчетам, должен идти с постоянным увеличением. Так что

черная дыра весьма нестабильна: она сжимается, в результате чего нагревается и начинает излучать все более энергичные частицы и при этом уменьшается все быстрее. Когда коллапсар достигает граничной массы около тысячи тонн, он в течение секунды взрывается, как миллион мегатонных ядерных бомб. Время полного испарения черной дыры пропорционально кубу его начальной массы, и у коллапсара солнечной массы время жизни превышает все мыслимые пределы, составляя число с шестьюдесятью нулями лет. Дыра же с массой в миллиарды тонн должна существовать в пределах возраста современной Вселенной. Следовательно, первичные коллапсары такой массы именно сейчас должны были бы взрываться, заканчивая свой жизненный цикл. А все дыры с меньшей массой должны были испариться в более ранние космологические эпохи.

С тех пор как почти столетие назад возникла идея ускорять элементарные частицы в электрических и магнитных полях, она была многократно воплощена в нескольких поколениях всевозможных циклотронов, бетатронов, синхрофазотронов и коллайдеров. Трудно даже перечислить все научные задачи, решенные с их помощью, и открытия, в которых они принимали полноценное участие. Их использовали для расщепления и синтеза атомов, превращения элементов, создания антивещества и частиц, ранее не наблюдавшихся в природе. Но все эти замечательные результаты сильно блекнут перед перспективой проводить лабораторные исследо-

вания прообразов наиболее таинственных объектов Вселенной – застывших звезд – микроколлапсаров.

Компьютерное моделирование показывает, что в столкновениях микрочастиц, разогнанных до колоссальных энергий, вполне могут возникать провалы пространства-времени. В этих очень странных частицах-коллапсарах теоретически очень многое напоминает процессы, протекающие в их макроскопических аналогах, однако в допустимых современной технике энергетических пределах время существования искусственных черных дыр представляется весьма малым.

В решении научной задачи исследования самой возможности существования искусственных миниколлапсаров последнее слово остается за физиками-экспериментаторами. Если они смогут создавать черные дыры, то следует ожидать целого фейерверка новых физических явлений, включая появление новых элементарных частиц. Может быть, что за определенным энергетическим пределом столкновения элементарных частиц не будут уже создавать ливни вторичных частиц, а приведут к рождению своеобразной «цепной реакции» черных дыр все увеличивающихся размеров.

Глава 4. Стабильность материи

Известно, что время жизни протона по крайней мере в 1020 раз больше, чем возраст Вселенной, но теория говорит, что он может жить вечно. Если протон не бессмертен, то и вся обычная материя когда-то должна распасться.

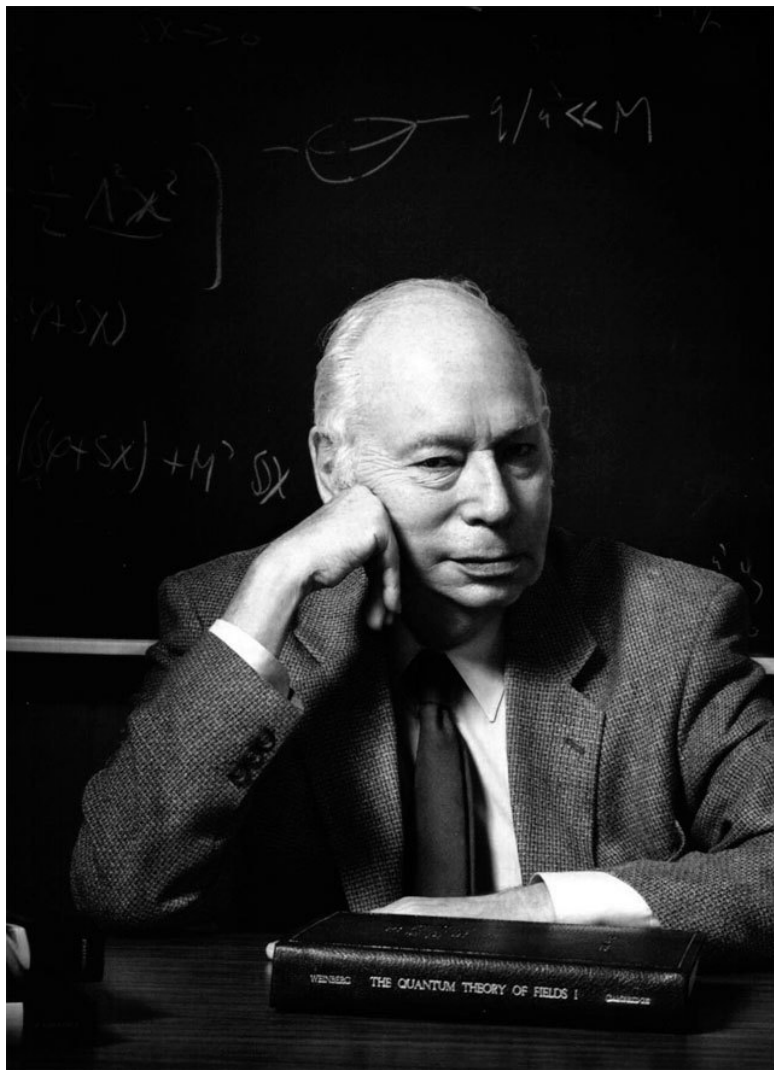
С. Вайнберг.

Распад протона

Одна из нерешенных задач науки – исследование степени стабильности окружающего нас мира. Долгое время считалось, что атомы вещества вечны и неизменны, затем то же говорилось об атомных ядрах обычных элементов, таких как водород, гелий или углерод, которые казались абсолютно стабильными. Сегодня мы знаем, что теоретическая ядерная физика предсказывает распад абсолютно всех атомных ядер, так что всю материю в какой-то степени можно считать радиоактивной. Последний «бастион стабильности» материи составляют некоторые элементарные частицы, такие как электрон и протон. Нуклоны – протоны и нейтроны – при взаимодействии с другими частицами, превращаются в иные микрочастицы, совершенно отличные от самих нуклонов. Даже в самом элементарном и легчайшем ядре атома водорода, состоящем из одного нейтрона и одного протона, также возможны процессы распада. Поэтому, чтобы понять

суть стабильности или нестабильности мироздания, необходимо знать, почему, к примеру, абсолютно стабилен электрон и какие физические принципы предохраняют его от самопроизвольного распада в иные микрочастицы.

Если вспомнить о позитроне как о несущем положительный заряд антипартнере электрона, то можно предположить, что в результате распада протона может появиться именно эта микрочастица. А поскольку протон почти в две тысячи раз больше позитрона по массе, то следует ожидать и дополнительного потока энергии, в который превратится разница масс. Таким образом, позитрон представляет собой состояние с более низкой энергией. Один из фундаментальных физических принципов гласит, что все системы эволюционируют в направлении состояний с более низкой энергией. Вода стекает с холма. Возбужденные атомы испускают свет. Легкие ядра типа водорода в ходе синтеза превращаются в более тяжелые, от гелия и до железа, потому что более крупные ядра имеют более низкую энергию (на частицу). Большие ядра вроде урана являются радиоактивными и распадаются на более мелкие ядра с более низкой энергией. Так почему протоны не могут распасться на позитроны или другие маленькие частицы?



Стивен Вайнберг, один из главных теоретиков фундаментальной стабильности атомной материи

Вообще говоря, закон сохранения энергии-массы требует, чтоб энергия и масса распадающихся микрочастиц была несколько больше суммарной массы продуктов распада, поскольку часть вещества неминуемо превратится в кинетическую энергию. Поэтому при анализе степени стабильности той или иной элементарной частицы надо прежде всего учитывать, на какие микрочастичные компоненты она могла бы разделиться в процессе самопроизвольного распада.

С момента открытия радиоактивности физиков занимает интересный вопрос: а почему мы не наблюдаем вокруг повсеместных актов распада материальных тел?

Эта задача подробно дискутировалась в тридцатых годах прошлого столетия, еще до открытия таких важных компонентов микрочастичных превращений, как позитроны, мезоны и мюоны. Однако уже тогда стабильность материи представлялась как одна из самых непонятных загадок природы, ведь по идее такой нуклон, как протон, всегда может поглотить один из орбитальных электронов, превратив атом водорода в поток квантов электромагнитного излучения. Это дает весьма устрашающую картину, ведь водород — основа вещественной части Вселенной!

Надо сказать, что экспериментальные данные, полученные физиками-элементарщиками, показывают, что любой

микрочастичный распад в природе может происходить самопроизвольно, если только этому не препятствует тот или иной принцип сохранения. Тут надо заметить, что в самом общем виде любой закон сохранения устанавливает неизменность суммарного количества некоторых величин, таких как электрический заряд, момент импульса или энергия. Для распада элементарных частиц это означает, что в любом случае он будет иметь вид череды излучений и поглощений частиц в полном соответствии с законами сохранения. Именно поэтому сам по себе вопрос стабильности микрочастиц сводится к проблеме соответствия некоторым фундаментальным принципам сохранения.

Один из сюрпризов, преподнесенных нам физикой частиц во второй половине двадцатого века, состоит в том, что протон, оказывается, не вечен. Протоны, считавшиеся стабильными и бесконечно долго живущими частицами, как оказалось, по истечении достаточно долгого времени могут распасться на более мелкие частицы. В сущности, протонам свойственна экзотическая разновидность радиоактивности. Они излучают более мелкие частицы и превращаются в нечто новое. Этот процесс распада займет время, значительно превышающее современный возраст Вселенной, время жизни звезд и даже намного больше жизни галактик. Получается, что по сравнению с вечностью протоны исчезнут довольно скоро.

Распад протонов может пойти по множеству разных пу-

тей, вследствие чего получится много разных продуктов этого распада, таких как позитроны и нейтральные пионы, соответственно, распадающиеся на кванты электромагнитного излучения. Возможно и множество иных вариантов распада, но чаще всего физики обсуждают именно такие пути распада протонов, когда возникают крайне нестабильные электронейтральные пионы, тут же превращающиеся в фотоны. Теоретически вместе с протоном должны распасться и вторые нуклоны – нейтроны, которые в связанном ядерном состоянии должны существовать очень долго. Между тем в свободном состоянии нейтроны живут всего около десяти минут, распадаясь на протон, электрон и антипартнер нейтрино – антинейтрино.

Сегодня физики-теоретики расходятся в оценке сроков жизни связанных нуклонов. Одно время можно было встретить предсказание о том, что большинство протонов распадется примерно через тридцать так называемых космологических декад – 1030 лет. Число очень большое, ведь даже переведенное в миллиардолетия, оно содержит более двадцати нулей. Однако в последний период превалирует точка зрения, возникшая из ряда экспериментов с элементарными частицами, разгоняемыми до гигантских энергий на ускорителях: время жизни протона может даже превысить тридцать две космологические декады.

Если принять во внимание возраст нашего мира в 13,7 миллиардолетия, то сама мысль об экспериментальной про-

верке времени жизни микрочастиц, оцениваемой в десятки космологических декад может показаться очень странной. Однако тут определенные надежды дает теория радиоактивного распада, согласно которой все элементарные частицы, включая и протоны, не живут в течение какого-то строго определенного времени, по прошествии которого все они одновременно распадаются.

На самом фундаментальном уровне многие физические теории имеют неотъемлемый закон, запрещающий распад протонов, даже несмотря на то что в результате этого распада они могли бы перейти в состояние с более низкой энергией. Кратко этот закон можно сформулировать так: барионное число всегда сохраняется. Протоны и нейтроны состоят из обычного вещества, которое мы зовем барионным. Каждый протон или нейтрон содержит одну единицу барионного числа. Частицы типа электронов и позитронов имеют нулевое барионное число, равно как и фотоны, частицы света. Таким образом, если протон распадается на позитроны, в этом процессе происходит потеря барионного числа.

Долгое время предполагалось, что всеобщая стабильность атомарных образований объясняется существованием электрической биполярности, когда аннигиляция зарядов протона и электрона нарушила бы общий зарядовый баланс. Впоследствии данные идеи были развиты в концепцию «барионного числа», которое так же, как и энергия с электрическим зарядом, должно сохраняться в любых превращении-

ях микрочастиц. Уточним, что барионами считают обширное семейство микрочастиц, включающее вместе с протоном такие «тяжелые» частицы (по-гречески тяжесть – «барис»), как нейтрон и нестабильные микрочастицы гипероны. Условно считается, что все барионы обладают барионным числом «+1». В любой атомарной структуре барионное число составляет общую сумму всех барионных чисел «комплектующих» микрочастиц. Следовательно, распад протона был бы переходом от единичного барионного числа к нулевому ансамбля каких-нибудь легких частиц, что категорически запрещено барионным принципом сохранения.

Глава 5. Теория Всего

Мечту Эйнштейна о создании единой теории Вселенной осуществить пока не удалось, но успехи последних лет показывают, что мы на верном пути. Конечно, вряд ли кто-то из ученых станет загадывать, когда придет удача, но большинство из них уверено, что когда-нибудь это случится.

Наша же цель отличается от той, которую поставил перед собой Эйнштейн. Всем ясно, что он опередил свое время, тогда еще многое оставалось непонятным. Ученые не знали многих типов элементарных частиц, не знали о симметрии в природе, о калибровочных теориях и очень мало о Большом взрыве, с которого все началось.

Б. Паркер.

Мечта Эйнштейна: В поисках единой теории строения Вселенной

Среди первоочередных нерешенных задач фундаментальной науки выделяется грандиозная проблема создания Теории Всего. Величайший в истории науки мыслитель Альберт Эйнштейн первым парадоксально соединил пространственно-временные свойства нашего континуума, открыв свою общую теорию относительности и наметив путь объединения всех известных взаимодействий с силами всемирного тя-

готения. В теории гравитации Эйнштейна вблизи любого материального тела или энергии искривляется само пространство-время, так что траектории частиц проходят по его рельефу, словно движутся в гравитационном поле.

В большинстве случаев противоречивые требования теории относительности и квантовой механики настолько взаимно малы, что ими легко пренебрегают. Однако и здесь есть исключения, например, при сильном искажении пространства-времени эффекты квантовой гравитации могут быть весьма существенны.

Прежде всего это касается объединения квантовой механики и теории относительности, например так, как это происходит в астрономической науке квантовой космологии. В идеале будущая объединенная теория должна связать между собой все силы мироздания с помощью единой системы уравнений или даже просто одного уравнения. Вся трудность в том, что теория относительности описывает общую структуру пространства-времени, а квантовая механика – поведение субатомных микрочастиц. Именно поэтому теории во многом противоречат друг другу.

После первого шага в объединении всех частиц и сил в квантовой теории поля, включающей квантовую механику и теорию относительности, будет необходимо как-то связать гравитацию и квантовую механику. Каждый специалист видит здесь свои пути развития, а нобелевский лауреат Стивен Вайнберг вообще считает, что только для разработки мате-

матического аппарата подобной теории понадобится не менее столетия.



Мемориал Альберта Эйнштейна (Национальная академия наук, Вашингтон, США)

Изначально в тех же струнных моделях видели очень весо­мого кандидата на долгожданную общую теорию всех ча­стиц и сил. Однако после появления в начале семидесятых годов прошлого века теории сверхэлементарных кварков, быстро выросшей в целый раздел физики элементарных ча­стиц, модель стрингов явно стала проигрывать объединяю-

щей модели кварков. Но будущее научных поисков трудно прогнозируемо, и в конце прошлого века суперструнные построения в работах видных физиков-теоретиков обрели второе дыхание.

Как любил подчеркнуть выдающийся физик прошлого столетия Ричард Фейнман, главная причина в том, что мы пока не знаем всех законов природы, которые можно было бы свести в единую теорию.

Нерешенная задача создания Теории Всего порождает вполне законный вопрос: а есть ли вообще шансы хоть в очень далеком будущем, когда станут известны новые законы природы, создать математически стройную теорию, объединяющую не только все известные частицы и силы, но и все существующие физические теории? Ответ на него совсем неочевиден, его нельзя отдавать философам, которые могут все окончательно запутать.

Большинство физиков скромно рассматривают свои любимые теории как не более чем модели реальности, не претендующие на полноту ее описания.

Глава 6. М-браны миров

...Эти измерения свернуты в крохотные петли, спрятанные в ткани мироздания, а их причудливая геометрия может содержать ответ на некоторые из самых глубоких вопросов, когда-либо ставившихся учеными. Хотя некоторые из новых понятий являются трудноуловимыми, мы увидим, что их суть можно понять с помощью вполне осязаемых аналогий. А будучи понятыми, эти идеи дадут совершенно иной, поразительный взгляд на нашу Вселенную.

Б. Грин.

Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории

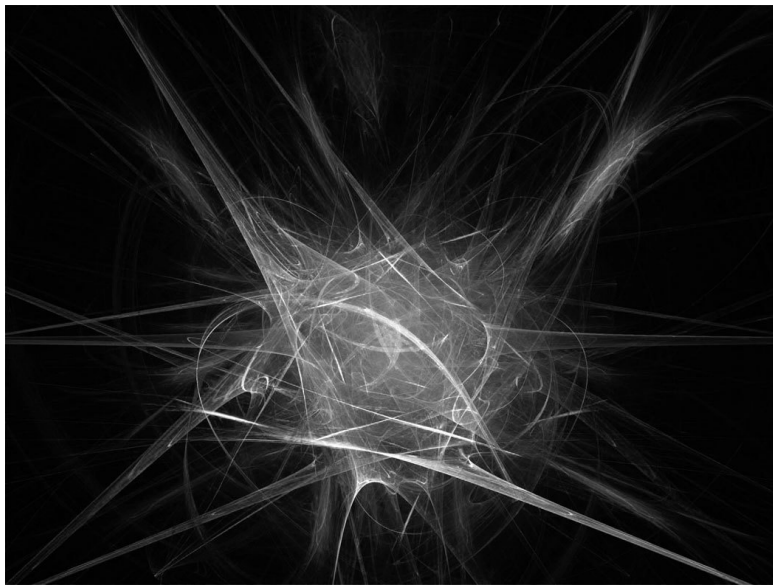
Выдающийся физик-теоретик Стивен Хокинг в своем научном бестселлере «Краткая история времени от Большого взрыва до черных дыр» так описывал квантовую реальность нашего мира:

Основными объектами микромира сегодня выступают не частицы, занимающие всего лишь точку в пространстве, а некие структуры вроде бесконечно тонких кусочков струны, не имеющих никаких измерений, кроме длины. Концы этих струн могут быть либо свободны (так называемые открытые струны), либо соединены друг с другом (замкнутые струны).

Частица в каждый момент времени представляется одной точкой в пространстве. Следовательно, ее историю можно изобразить линией в пространстве-времени (мировая линия). Но струне в каждый момент времени отвечает линия в трехмерном пространстве. Следовательно, ее история в пространстве-времени изображается двумерной поверхностью, которая называется «мировым листом». (Любую точку на таком мировом листе можно задать двумя числами, одно из которых – время, а другое – положение точки на струне.) Мировой лист открытой струны представляет собой полосу, края которой отвечают путям концов струны в пространстве-времени. Мировой лист замкнутой струны – это цилиндр или трубка, сечением которой является окружность, отвечающая положению струны в определенный момент времени.

Из суперструнной теории следуют и удивительные космологические выводы, так, если проигрывать историю Вселенной назад, то кривизна пространства-времени будет расти. Однако она не станет бесконечной, как в традиционной сингулярности Большого взрыва, а просто в определенный момент времени ее значение достигнет максимума и снова начнет уменьшаться. Окружающий нас физический вакуум, будучи сугубо квантовым объектом, непрерывно флуктуирует, порождая топологические аномалии – «пузырьки пространства-времени», которые рождаются и гибнут. Внутри каждого такого пузырька можно ввести понятие собственного вре-

мени, направление которого фиксирует эволюцию материи внутри от момента рождения и до момента «схлопывания». Подавляющая доля таких пузырьков, несмотря на сверхмалое время жизни, внешне проявляет себя как замкнутые миниатюрные вселенные.



Струнная текстура реальности

Первично устойчивое состояние вакуума в результате флуктуации топологии (образования пузырька) стало неустойчивым по отношению к нашей вселенной. Эта

неустойчивость приводит к тому, что внутри пузырька вакуум начинает изменять свойства, стремясь к новому устойчивому пределу. Этот процесс перестройки вакуума сопровождается гигантским выделением энергии, в результате чего пузырек-вселенная начинает расширяться с колоссальной скоростью. Этот процесс можно интерпретировать как своеобразный взрыв вакуума – взрыв пустоты!

Таким образом, теория струн устраняет главный парадокс в космологическом сценарии Большого взрыва, связанный с наличием изначальной сингулярности с бесконечными значениями плотности материи и энергии.

Моделируя историю Вселенной до точки Большого взрыва, физики надеются с помощью суперстринговых представлений сформулировать основные принципы, предопределяющие историю Вселенной и объясняющие природу изначальной сингулярности. Может быть, теория струн позволит как-то сгладить сингулярность точки Большого взрыва и зафиксировать начальные условия в ней или, как предвидят ученые, рассуждая о возможных сценариях развития теории струн, показать, что Вселенная вечно пульсирует.

Смогут ли суперструнные построения прояснить вопрос о рождении нашего мира, покажет будущее. Пока еще из двух различных областей науки, разделенных пропастью масштабов – физической космологии и физики элементарных частиц, – не поступало подтверждений или опровержений этой очень странной теории, где возникновение Вселенной чем-

то напоминает раскручивание невообразимо малой суперструнной пружины, спрятанной до поры до времени в досингулярной эпохе эволюции мироздания. И здесь теория суперструн приводит нас к совершенно фантастическому образу квантовых мембран, плывущих в пространстве-времени иных измерений.

Конечно, даже развитому физико-математическому воображению теоретиков непросто в деталях представить, что многомерная мембрана нашей вселенной парит в еще более многомерном пространстве, как некое подобие гигантской медузы в безбрежном океане сверхпространства. В соответствии с мембранной моделью Вселенная перед Большим взрывом была почти идеальным зеркальным изображением самой себя после него. Бесконечно давно она была почти пуста: ее заполнял лишь невероятно разреженный хаотический газ из вещества и излучения. Но время шло, силы возрастали и стягивали материю воедино. Случайным образом материя скапливалась в некоторых участках пространства. Там ее плотность в конечном счете стала настолько высокой, что начали образовываться своеобразные гравитационные «провалы» пространства-времени. Вещество внутри таких областей оказывалось отрезанным от окружающего пространства, поскольку Вселенная разбивалась на обособленные части. В этой модели мироздания и сам Большой взрыв, возможно, был результатом соударения нашей и параллельной мембран.

Эта модель некоторым физикам кажется настолько привлекательной, что они отстаивают предположение о циклических мембранных столкновениях. Входя в контакт, эти вселенские мембраны как бы сжимаются в направлении, перпендикулярном направлению движения, а их кинетическая энергия преобразуется в материю и излучение. Это соударение двух, а может быть, и нескольких мембран и порождает феномен Большого взрыва.

После взрывного взаимодействия мембраны расходятся и начинают расширяться с убывающей скоростью. Материя Большого взрыва эволюционирует от стрингов до сверхскоплений галактик, порождая разум, который и открывает тайны мироздания. В циклической модели силы притяжения замедляют до остановки движение расходящихся мембран, которые снова начинают сближаться, расширяясь при этом с возрастающей скоростью.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.