



КОСМОЛОГИЯ

Удивительная связь
космологии и квантовой
механики смогла бы раскрыть
тайны пространства и времени

Ясунори Номура

Photograph by The Voorhes

КВАНТОВЫЙ МУЛТЫМИР

ОБ АВТОРЕ

Ясунори Номура (Yasunori Nomura) — профессор физики и директор Центра теоретической физики в Калифорнийском университете в Беркли. Сотрудник Национальной лаборатории им. Лоуренса в Беркли и руководитель Института физики и математики Вселенной им. Кавли при Токийском университете.



М

ногие космологи согласны с удивительным выводом о том, что наша Вселенная, которая казалась целым необъятным миром, в действительности может представлять собой всего лишь малую часть гораздо большей структуры, называемой мультимиром. При таком подходе предполагается существование множества отдельных вселенных, в каждой из которых действуют свои собственные физические законы. Так, виды и свойства элементарных частиц могут быть разными в разных вселенных.

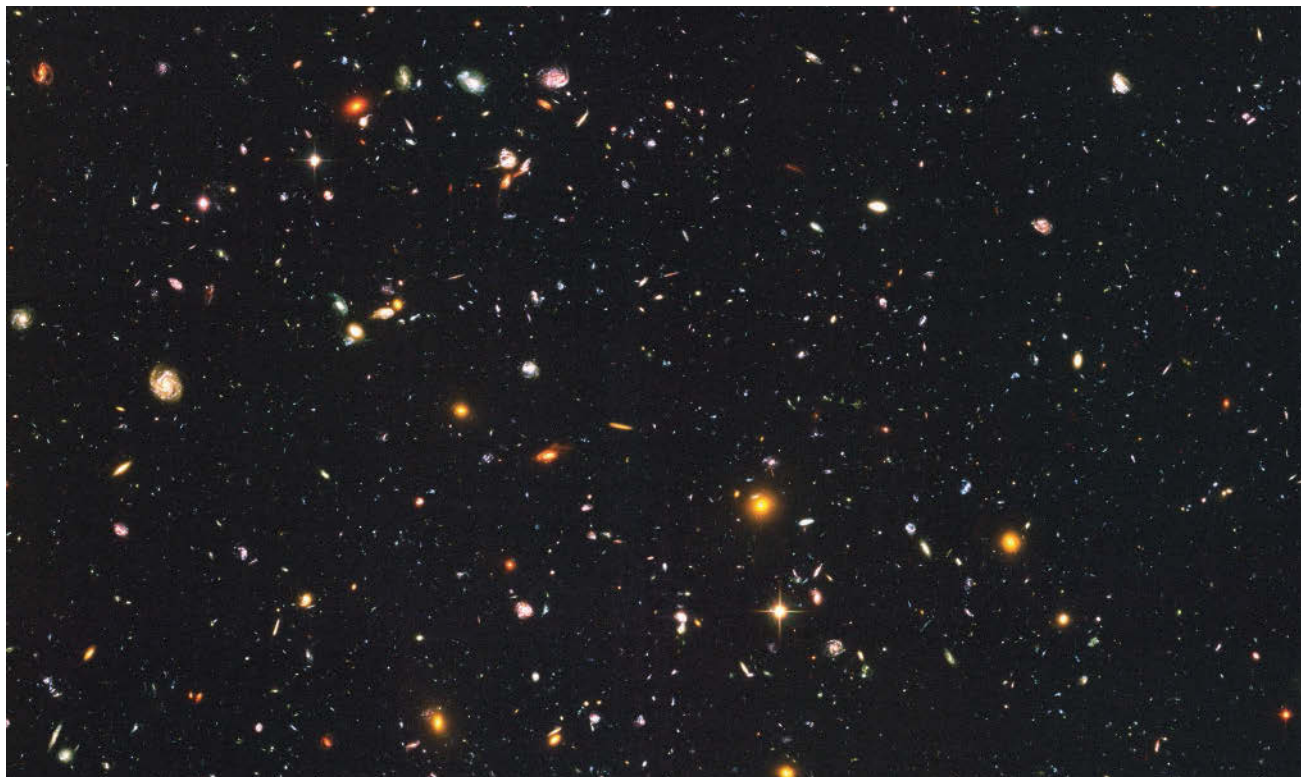
Концепция мультимира исходит из предположения наличия инфляционной стадии ранней вселенной, когда наш мир расширялся ускоренно. В подобном процессе одни области могут перестать ускоренно расширяться раньше, чем другие, формируя так называемые пузыри-вселенные, не связанные друг с другом, напоминающие пузырьки в кипящей воде. Наша Вселенная будет таким пузырьком среди бесконечного числа других. Идея о том, что наша Вселенная представляет собой только часть гораздо большей структуры, не так необычна, как кажется на первый взгляд. Видимый мир — это далеко не все, что существует, в чем неоднократно убеждались ученые. С точки зрения теории понятие мультимира с его бесконечным количеством пузырьков-вселенных представляет большую проблему. Дело в том, что эта концепция стирает фундаментальное представление о правдоподобности любой физической теории, которая обязана давать прогнозы. По словам одного из создателей инфляционной теории Алана Гута (Alan

Guth) из Массачусетского технологического института, «вечно расширяющейся вселенной все, что может произойти, произойдет — и произойдет бесконечное число раз». Для одной вселенной, где события происходят ограниченное количество раз, ученые могут вычислить относительную вероятность осуществления какого-то одного события по сравнению с другим. Это можно рассчитать, сравнивая соответствующие количества событий. Однако в мультимире, где происходит все и бесконечное число раз, такие вычисления невозможны, вследствие чего невозможно и судить о том, какое событие более вероятно, а какое менее вероятно. Можно сделать прогноз на любой вкус, и в какой-нибудь вселенной это обязательно случится. Эта информация, по сути, оказывается бесполезной, потому что ничего не скажет о том, что именно случится в нашей конкретной Вселенной.

Такая кажущаяся потеря предсказательной силы теории давно беспокоит физиков. Некоторые исследователи, включая и меня, предполагают, что

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Согласно теории космологической инфляции, по которой ранняя Вселенная расширялась экспоненциально, мы живем не просто во вселенной, но в огромном мультимире.
- Проблема в концепции мультимира заключается в том, что любые события, которые могут произойти, обязательно произойдут, причем бесконечное число раз. Это лишает теорию предсказательной силы.
- Физики считают, что могут решить проблему, иначе взглянув на концепцию мультимира, считая, что он эквивалентен квантово-механическому многолистному миру. В рамках последней концепции наша Вселенная есть одна из сосуществующих вселенных в «вероятностном пространстве», а не в едином реальном пространстве.



Полученный космическим телескопом «Хаббл» сверхглубокий снимок, на котором показаны галактики, удаленные от нас на расстояния около 13 млрд световых лет. Объекты, находящиеся гораздо дальше, навсегда останутся недостижимыми для нас, потому что расширение пространства заставляет их разбегаться быстрее, чем скорость света. Таким образом, формируется так называемый космологический горизонт, который имеет важные приложения для теории мультивмира.

указать путь к решению этой проблемы поможет квантовая теория. Квантовая теория, в отличие от теории мультивмира, оперирует крошечными частицами. По иронии судьбы бесконечно большое сможет найти описание с помощью малого. В частности, космологическая картина вечно расширяющегося по закону экспоненты мультивмира с точки зрения математического описания может быть эквивалентна многолистной интерпретации квантовой механики. Последняя пытается дать объяснение, каким образом частицы могут находиться во многих местах одновременно. Как мы увидим в дальнейшем, такая связь между теориями не только решает проблему прогнозирования, но и помогает выявить неожиданные свойства пространства и времени.

Россыпь квантовых миров

Мы придем к идее взаимного соответствия двух теорий после того, как пересмотрим принципы многолистной интерпретации квантовой механики. Эта концепция возникла для прояснения некоторых странных особенностей квантовой физики. В квантовом мире причина и следствие проявляют себя иначе, чем в макромире, и результат любого процесса всегда имеет вероятностный характер.

В макроскопическом эксперименте мы всегда можем точно предсказать, где приземлится мяч, если знаем его начальное положение, скорость и другие параметры. В случае же квантового мяча мы можем только сказать, что есть некоторая вероятность обнаружить его здесь или там. Вероятностной природы нельзя избежать, узнавая больше о параметрах мяча, о воздушных потоках или других деталях, — это внутреннее свойство любой квантовой системы. Один и тот же мяч, брошенный при одних и тех же условиях, иногда приземлится в точке *A*, а иногда в точке *B*. Такой вывод может показаться странным, но законы квантовой механики подтверждаются в огромном числе экспериментов и действительно описывают, как природа работает на уровне субатомных сил и частиц. В квантовом мире мы скажем, что после того как мяч брошен, но прежде чем упал, он находится в так называемой суперпозиции двух состояний *A* и *B*. Другими словами, мяч не находится ни в точке *A*, ни в точке *B*, но в некоем вероятностном облаке обеих точек (и во многих других точках тоже). Тем не менее стоит нам посмотреть и обнаружить мяч в определенном месте (например, в точке *A*) — и любой другой, кто также следит за судьбой этого мяча, тоже подтвердит, что

СОВМЕЩАЯ ДВЕ ТЕОРИИ

Инфляция встречает множество миров

Согласно теории инфляции, наша Вселенная — одна из бесконечно многих, которые образовались при экспоненциальном расширении раннего космоса. Однако такая картина мультимира может нарушить предсказательную способность теории, потому что все, что может произойти в бесконечном мультимире, произойдет бесконечное количество раз. Проблема решаема в том случае, если инфляционный мультимир эквивалентен многомировой интерпретации квантовой механики, согласно которой весь этот бесконечный набор вселенных сосуществует не в едином реальном пространстве, а в «вероятностном пространстве».

Инфляционный мультимир

Согласно инфляционной теории, во время процесса экспоненциального расширения мультимира какие-то области замедляют расширение, формируя пузыри, которые становятся независимыми вселенными. С течением времени все большее количество областей замедляют расширение и количество пузырей-вселенных по мере экспоненциально и вечно растущего пространства увеличивается. Наша Вселенная — всего лишь один из таких пузырей.

Пузыри-вселенные
Вечно и экспоненциально расширяющееся пространство

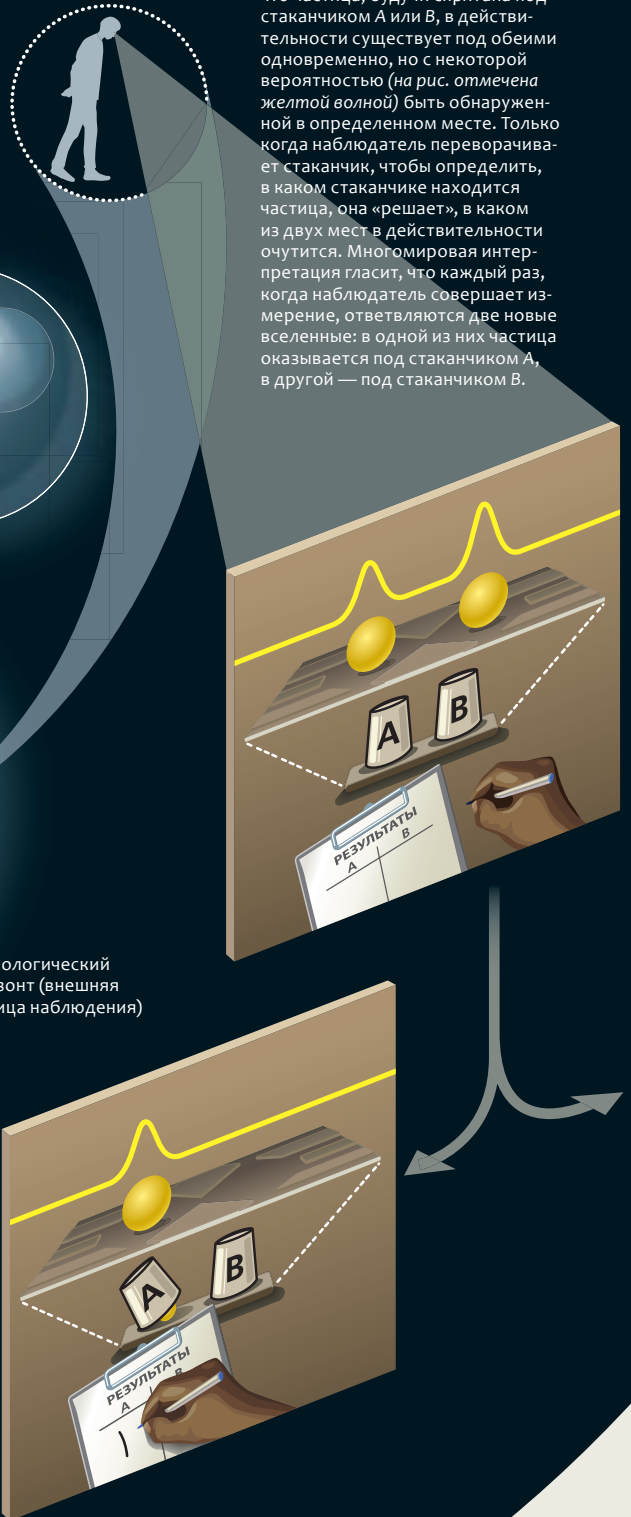
Наблюдатель

Космологический горизонт (внешняя граница наблюдения)

Диаграмма крайне упрощена для наглядности. В теории мультимира внутри одних пузырей могут возникать другие пузыри.

Множество миров

Квантовая механика утверждает, что частица, будучи спрятана под стаканчиком А или В, в действительности существует под обоими одновременно, но с некоторой вероятностью (на рис. отмечена желтой волной) быть обнаруженной в определенном месте. Только когда наблюдатель переворачивает стаканчик, чтобы определить, в каком стаканчике находится частица, она «решает», в каком из двух мест в действительности очутится. Многомировая интерпретация гласит, что каждый раз, когда наблюдатель совершает измерение, отщепляются две новые вселенные: в одной из них частица оказывается под стаканчиком А, в другой — под стаканчиком В.



Суперпозиция состояний: много пузырей-вселенных существуют одновременно

↑ космологическая история ↓

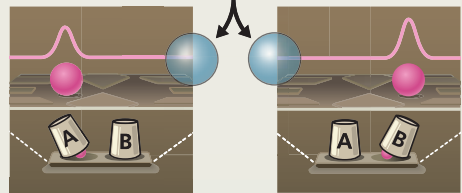
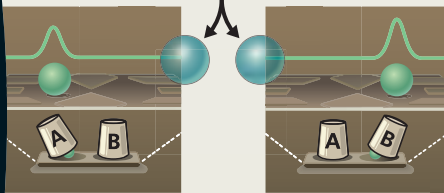
Большое встречается малое

Инфляционный мультимир может быть тем же самым, что и многомировая интерпретация квантовой механики, если образование новых пузырей-вселенных — это просто пример квантово-механического ветвления, как это виделось бы гипотетическому наблюдателю. Формирование нового пузыря эквивалентно получению определенного результата наблюдения. При таком подходе теория становится способной давать прогнозы, потому что бесконечное количество пузырей-вселенных сосуществуют вероятно, а не в реальном пространстве. Таким образом, наблюдатель в расширяющемся мультимире сможет делать прогнозы, основанные на вероятностях того или иного события. Возможность прогнозирования — это требование любой научной теории, претендующей на реалистичное описание мира.

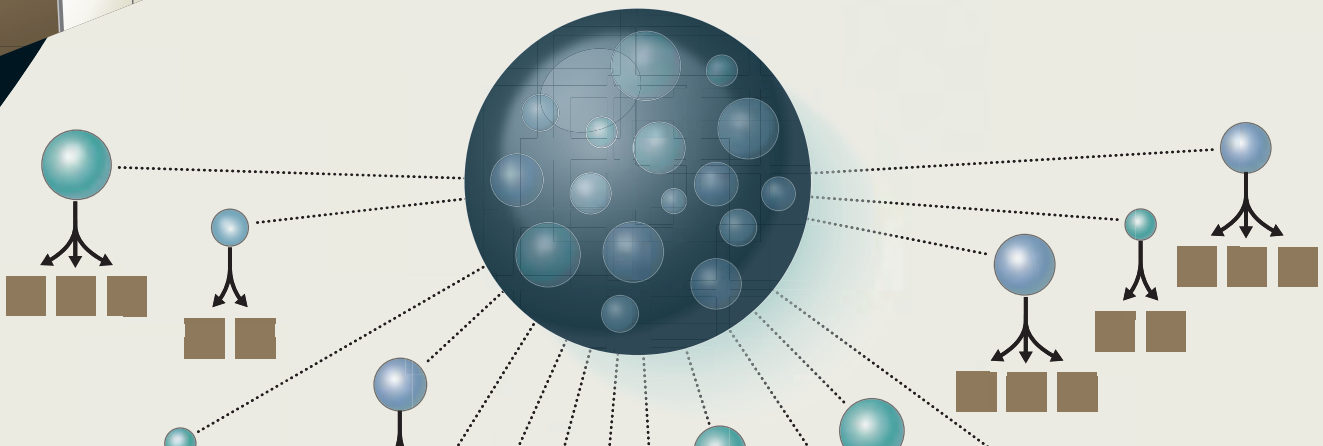
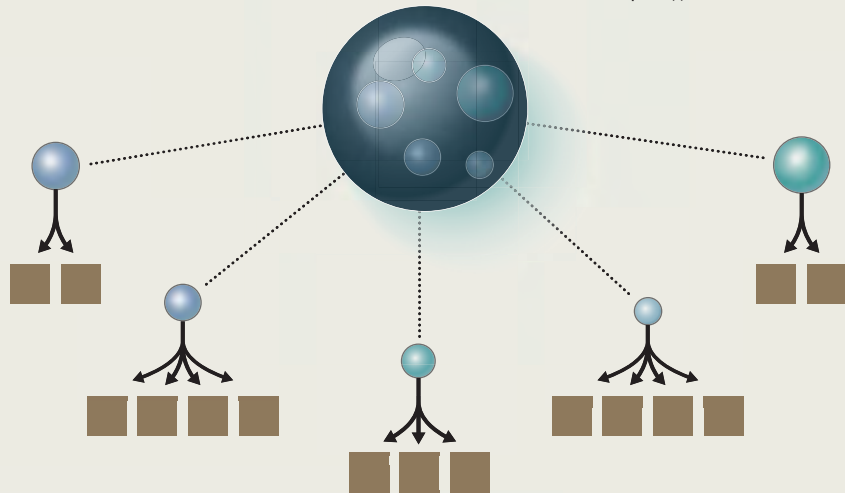
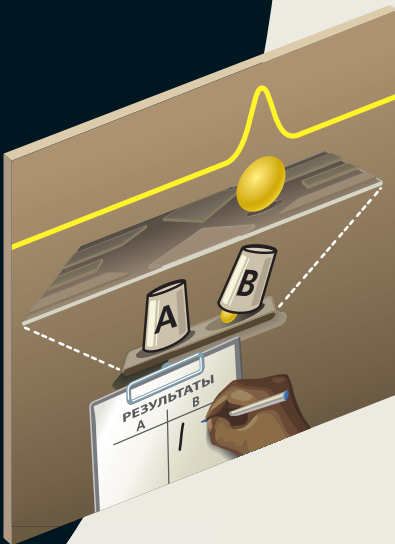
Вселенная А

Вселенная В

Вселенная С



Разные возможные исходы эксперимента, проведенного во вселенной С



мяч находится именно в точке *A*. Другими словами, прежде чем произведено наблюдение квантового состояния, его исход не определен, но после наблюдения все последующие измерения покажут точно такой же результат, как и первое. В общепринятом понимании квантовой механики, называемом копенгагенской интерпретацией, ученые говорят, что первое наблюдение изменяет состояние системы из состояния суперпозиции к определенному состоянию *A*. Хотя копенгагенская интерпретация может давать прогнозы для результатов измерения, она приводит к серьезным трудностям на концептуальном уровне. Что в действительности означает понятие «измерение» и почему оно может изменять состояние системы от суперпозиции возможно-стей к единственной определенности? Происходит ли такая смена состояний, если за системой наблюдает, например, собака или муха? Как быть, если молекула воздуха взаимодействует с системой на протяжении всего времени, пока мы ожидаем результата, и как она может повлиять на этот результат? Есть ли какой-то особый физический смысл в процедуре наблюдения системы человеком?

В 1957 г. Хью Эверетт (Hugh Everett), ставший аспирантом Принстонского университета, разработал многомировую интерпретацию квантовой механики, которая прекрасно разрешила вышеупомянутые проблемы, — хотя первоначально многие приняли теорию с насмешкой и она до сих пор менее популярна, чем копенгагенская интерпретация. Ключевая идея Эверетта заключалась в том, что состояние квантовой системы отражает состояние всего мира вокруг него, то есть мы должны включать наблюдателя в полное описание измерения. Наблюдатель выступает как часть измерения. Другими словами, мы не можем считать мяч, ветер и бросающую мяч руку существующими отдельно. Мы должны включить в фундаментальное описание системы также и человека, который наблюдает точку приземления мяча, и все остальное, происходящее в мире. В такой картине квантовое состояние системы после измерения все еще представляет собой суперпозицию состояний — суперпозицию не просто состояний мяча в двух точках, но двух огромных миров! В первом мире наблюдатель считает, что состояние системы изменилось и стало *A*, следовательно, любой наблюдатель в этом мире также получит как результат

состояние *A* во всех последующих измерениях. Как только измерение было произведено, второй мир «откалывается» от первого. Во втором мире наблюдатель обнаружил, что мяч приземлился в точке *B*. Такая модель объясняет, почему наблюдатель (скажем, человек) думает, что его наблюдения изменили состояние системы. На самом деле произошло следующее: когда человек производил измерение (взаимодействовал с системой), он сам разделился на двух разных людей, которые живут в двух различных параллельных мирах, соответствующих двум различным исходам *A* и *B*.

Согласно такой картине, проводимые людьми измерения не имеют особого значения. Состояние мира непрерывно разветвляется на множе-

ство возможных параллельных миров, которые существуют в суперпозиции. Человек-наблюдатель, будучи частью мира, не может выпасть из этого процесса — наблюдатель расщепляется на множество наблюдателей, живущих во множестве

параллельных миров, которые все одинаково реальны. Очевидным, но важнейшим следствием такой картины становится то, что все в природе подчиняется законам квантовой механики — как малое, так и большое.

Какое же отношение имеют интерпретация квантовой механики Эверетта и параллельные реальности к существующему в непрерывном реальном пространстве мультимиру, который обсуждался в начале? В 2011 г. я утверждал, что вечно расширяющийся мультимир и квантово-механическая многомировая модель Эверетта — в определенном смысле одинаковые понятия. При таком подходе бесконечно большое пространство, возникающее из-за «вечной» инфляции, есть своего рода иллюзия. Множество расширяющихся пузырей-вселенных не существуют в едином реальном пространстве, а представляют собой возможные ветви вероятностного дерева.

Примерно в то же время Рафаэль Буссо (Raphael Bousso) из Калифорнийского университета в Беркли и Леонард Сасскинд (Leonard Susskind) из Стэнфордского университета предложили аналогичную идею. Если это так, то многомировая интерпретация мультимира означала бы, что законы квантовой механики не только действуют в микроскопических областях, но также играют ключевую роль в определении глобальной структуры мультимира даже на сверхбольших расстояниях.

Автор статьи и другие физики тоже продолжают заниматься идеей квантового мультимира. Как можно определить квантовое состояние всего мультимира? Что есть время и как оно появляется?

Затруднительное положение черной дыры

Для того чтобы лучше объяснить, как многомировая интерпретация квантовой механики могла бы описывать инфляционный мультимир, нужно вкратце поговорить о черных дырах. Черная дыра — это экстремально сжатая область пространства-времени, чье мощнейшее гравитационное поле не дает уйти никаким объектам, начавшим в нее падать. Таким образом, черные дыры — идеальнейший полигон для тестирования физических процессов с сильными квантовыми и гравитационными эффектами. В частности, рассмотренный ниже мысленный эксперимент с участием черных дыр показывает грань, где традиционное представление о мультимире уходит с привычной колеи, делая любые предсказания невозможными. Предположим, что мы бросаем в черную дыру книгу и ведем наблюдение за происходящим со стороны. Согласно теории, в то время как сама книга не сможет избежать попадания в черную дыру, содержащаяся в ней информация не будет утрачена. По моему мнению, после того как книга будет уничтожена гравитацией черной дыры и после того как сама черная дыра постепенно испарится, испуская слабое излучение (эффект, известный как механизм Хокинга, теоретически предсказываемый Стивеном Хокингом из Кембриджского университета), внешний наблюдатель сможет воссоздать информацию, исследовав испущенное черной дырой излучение. Даже прежде чем черная дыра испарится полностью, информация, содержащаяся в книге, начнет постепенно просачиваться наружу вместе с излучением Хокинга.

Еще одна странность возникает, если рассматривать ситуацию с точки зрения наблюдателя, падающего в черную дыру вместе с книгой. В этом случае книга просто проходит горизонт событий черной дыры и навсегда остается внутри нее. Таким образом, для зачитавшегося наблюдателя информация, содержащаяся в книге, тоже окажется навсегда упавшей в черную дыру. С другой стороны, только что утверждалось, что с точки зрения внешнего наблюдателя информация все-таки выйдет наружу. Какое же из этих двух рассуждений верно?

Можно предположить, что информация дублируется: один «экземпляр» остается внутри черной дыры, а другой уходит наружу вместе с излучением Хокинга. Однако такое решение невозможно. В квантовой механике так называемая теорема о запрете клонирования запрещает точное и полное копирование информации. Таким образом, похоже, что выводы обоих наблюдателей не могут быть верными одновременно. Физик Герард 'т Хоофт (Gerard 't Hooft) из Утрехтского университета и Сасскинд со своими коллегами предложили следующее решение. Обе точки

зрения могут быть правильными, но не одновременно. Так, если вы удаленный наблюдатель, то для вас информация находится снаружи. Нет нужды описывать внутреннюю часть черной дыры, потому что вы никогда не сможете ее достичь. Фактически, чтобы избежать клонирования информации, вы должны считать внутреннюю часть черной дыры несуществующей. С другой стороны, если вы наблюдатель, падающий в черную дыру, то внутренность черной дыры становится единственно доступным вам миром, который содержит и книгу, и информацию в ней. Однако такая картина возможна только в модели, игнорирующей излучение Хокинга, что, в принципе, оправданно, поскольку вы, пройдя горизонт событий, оказываетесь в ловушке, отрезав себя от излучения, испущенного с границы черной дыры. Нет никакого противоречия в соединении обеих точек зрения, но только если искусственно их «подправить», что вы никогда не смогли бы сделать физически, учитывая, что нельзя быть одновременно и далеким, и падающим наблюдателем.

Космологический горизонт

Эта загадка черной дыры кажется не связанной с задачей о том, что общего может быть у многомировой концепции квантовой механики и у мультимира. Тем не менее получается, что граница черной дыры в значительной степени аналогична так называемому космологическому горизонту. Этот горизонт представляет собой границу области пространства-времени, внутри которой мы можем получать сигналы из глубокого космоса. Горизонт существует потому, что пространство расширяется экспоненциально и свет от объектов, находящихся дальше этой невидимой границы, не успевает достичь нас. Так, любое послание от этих объектов никогда не сможет до нас дойти. Таким образом, ситуация отчасти сродни черной дыре с точки зрения удаленного наблюдателя: так же как и в случае черной дыры, квантовая механика требует, чтобы наблюдатель, находящийся внутри космологического горизонта, считал пространство-время по другую сторону от границы (то есть снаружи космологического горизонта) несуществующим. Если мы рассмотрим такое пространство-время в дополнение к информации о том, что может быть получено от горизонта позже (аналог излучения Хокинга в случае черной дыры), то получим избыток информации. Другими словами, любое описание квантового состояния вселенной должно содержать только одну область, заключенную внутри космологического горизонта. В частности, не может быть бесконечного пространства в любом однозначном и полном описании всего космоса.

Если квантовое состояние отражает только область внутри горизонта, то где же тогда мультимир, который, как мы ожидаем, существует во внешнем, экспоненциально расширяющемся пространстве? Ответ заключается в том, что создание пузырей-вселенных вероятно, подобно всем другим процессам в квантовой механике. Точно так же как квантовое измерение может давать множество различных результатов, различающихся своими вероятностями, в инфляционной модели может породиться множество различных вселенных, каждая из которых обладает своей вероятностью рождения. Другими словами, квантовое состояние, представляющее вечно расширяющееся пространство, есть суперпозиция миров — или ветвей. Каждый мир — это отдельная вселенная; каждая из ветвей включает в себя только одну область со своим космологическим горизонтом.

Поскольку каждая из этих вселенных конечна, удастся избежать проблемы предсказуемости, возникающей в бесконечно большом пространстве, в котором может произойти все что угодно. Множественные вселенные в этом случае не все существуют одновременно в реальном пространстве. Они сосуществуют только в вероятностном пространстве, то есть только как возможные результаты наблюдений, проведенных людьми, живущими в каждом из этих миров. Таким образом, каждая вселенная — каждый возможный исход наблюдения — сохраняет свою вероятность образования.

Описанная картина объединяет вечно расширяющийся космологический мультимир и многомировую концепцию Эверетта. Космологическая история разворачивается так. Мультимир начинается из некоторого исходного состояния и развивается в суперпозицию множества пузырей-вселенных. С течением времени состояния, представляющие каждый из этих пузырей, в свою очередь разветвляются на суперпозиции новых состояний, представляющих разные возможные исходы экспериментов. Эксперименты не обязательно научные, это могут быть любые физические эксперименты, проводимые в рамках своей вселенной. В конечном итоге состояние, представляющее целый мультимир, будет состоять из огромного количества ветвей, каждая из которых — это возможный мир, возникающий из начального состояния. Квантово-механические вероятности, таким образом, определяют космологические макропроцессы. Мультимир и многомировой квантовый мир, возможно, описывают одно и то же явление — суперпозицию на различных шкалах. В таком новом представлении наша Вселенная — всего лишь один из всевозможных миров, управляемых фундаментальными принципами квантовой физики и существующих одновременно в вероятностном пространстве.

Мир за пределами

Для понимания правильности представленной здесь идеи хорошо бы проверить ее в эксперименте. Но разве это возможно? Оказывается, открытие одного феномена может оказать поддержку новому научному мировоззрению. Существование мультимира может проявляться в наличии небольшой отрицательной кривизны пространства нашей Вселенной. Другими словами, объекты и световые лучи будут двигаться не по прямым линиям, как это происходит в евклидовом пространстве, а вдоль кривых, даже при полном отсутствии гравитационных полей. Такая кривизна может образоваться из-за того, что даже несмотря на конечность пузыря-вселенной с точки зрения всего мультимира, находящийся внутри данного конкретного пузыря наблюдатель будет воспринимать свою вселенную как бесконечно большую, что и будет проявляться как видимость отрицательной кривизны. Примером поверхности с отрицательной кривизной может служить поверхность седла, в то время как поверхность шара — сфера — обладает положительной кривизной. Если бы наблюдатель был внутри такого пузыря, то пространство казалось бы ему загибающимся. Современные наблюдения пока подтверждают, что наша Вселенная плоская (*евклидова*. — *Примеч. пер.*). Новые наблюдения, исследующие траектории очень далеких световых лучей, в ближайшие десятилетия смогут улучшить точность определения меры кривизны Вселенной примерно на два порядка. Если в ходе этих наблюдений будет обнаружено некоторое количество отрицательной кривизны, это сможет поддержать концепцию мультимира.

Несмотря на то что наличие отрицательной кривизны в принципе возможно и в одиночной вселенной, это, на мой взгляд, менее правдоподобно. В частности, открытие отрицательной кривизны поддержит картину квантовой вселенной, о которой шла речь в этой статье, поскольку такая модель может привести к достаточно большой кривизне — настолько большой, чтобы быть обнаруженной, в то время как в традиционных инфляционных моделях подобная кривизна оказалась бы на несколько порядков ниже той, что мы надеемся наблюдать. Интересно, что открытие положительной кривизны сможет фальсифицировать гипотезу мультимира, потому что в инфляционных моделях предполагается, что пузыри-вселенные могут производить только отрицательную кривизну. С другой стороны, если нам повезет, мы даже сможем увидеть некие драматические знаки мультимира — такие как последствия столкновений отдельных пузырей-вселенных, которые формируют единую ветвь квантового мультимира. Однако ученые не убеждены, что когда-нибудь мы сможем наблюдать такие сигналы.

Я и другие физики продолжаем разрабатывать идею квантового мультимира на теоретическом уровне. Можно задавать, например, такие фундаментальные вопросы: как мы можем определить квантовое состояние всего мультимира или что такое время и как оно возникает? Картина квантового мультимира не дает на эти вопросы немедленных ответов, но предоставляет основу для их решения. Так, недавно я обнаружил, что ограничения, накладываемые математическим требованием о том, что теория должна включать строго определенные вероятности, приводят к возможности однозначного определения квантового состояния всего мультимира. Эти ограничения предполагают также, что в целом квантовое состояние мультимира не изменяется, даже если физический наблюдатель, представляющий собой часть состояния мультимира, обнаружит, что постоянно формируются новые пузыри-вселенные. Это означает, что наше восприятие Вселенной меняется со временем и, действительно, концепция времени сама по себе может оказаться иллюзорной. Время, согласно такому представлению, есть «возникающая концепция», появляющаяся как следствие более фундаментальной реальности и существующая, возможно, только в локальных ветвях мультимира. Многие из обсуждаемых здесь идей до сих

пор чисто умозрительны, но интересно то, что физики в состоянии поднимать такие большие фундаментальные вопросы, основываясь на успехах теоретических изысканий. Кто знает, куда приведут нас эти исследования? Очевидно то, что мы живем в интереснейшую эпоху, когда наши научные исследования начинают выходить за рамки того, что мы полагали нашим физическим миром, — нашей Вселенной — и двигаться вперед, в потенциально безграничное царство. ■

Перевод: О.С. Сажина

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Берн П. Множественность миров Хью Эверетта // ВМН, № 3, 2008.
- Physical Theories, Eternal Inflation, and the Quantum Universe. Yasunori Nomura in Journal of High Energy Physics, Vol. 2011, No. 11, Article No. 063; November 2011. Препринт доступен по адресу: <https://arxiv.org/abs/1104.2324>
- Multiverse Interpretation of Quantum Mechanics. Raphael Bousso and Leonard Susskind in Physical Review D, Vol. 85, No. 4, Article No. 045007. Опубликовано онлайн 06.02.2012. February Препринт доступен по адресу: <https://arxiv.org/abs/1105.3796>



Выходит 6 раз в год

Познавательный журнал для хороших людей

Академик Н. Л. Добрецов:
«В Сибирь поехали те известные ученые, которым было тесно в столицах, кто искал новые возможности для реализации своих идей»

Академик А. Н. Скринский:
«...За создание ускорителя на встречных пучках взялся десяток лабораторий по всему миру, но к финишу пришли только наш ИЯФ и Стэнфордский университет»

Академик Г. Н. Кулипанов:
«Традиционные круглые столы ИЯФ собирали не только ученых, но и писателей, артистов, режиссеров, поэтов. Это был символ демократии, независимых суждений за чашечкой кофе»

Доктор химических наук А. К. Петров:
«В эти самые лучшие наши годы мы могли подойти к любому академику или профессору, задать вопрос и получить ответ. Это была бесценная школа не только науки, но и этики, и самого бытия»

www.scfh.ru