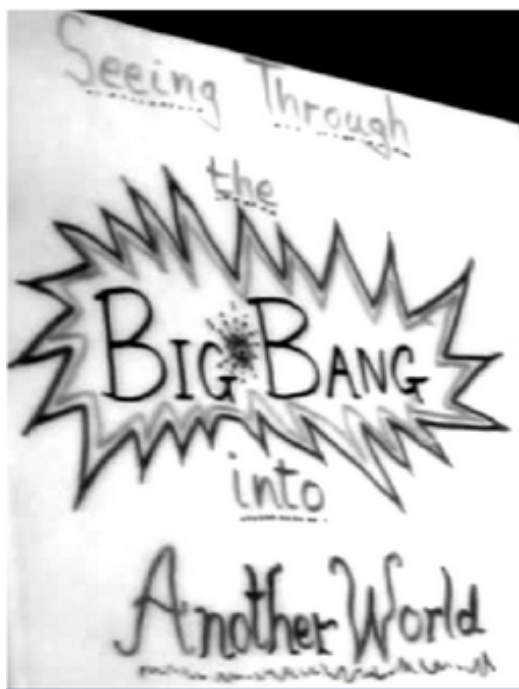


В СОСТОЯНИИ ЛИ МЫ УВИДЕТЬ ДРУГОЙ МИР СКВОЗЬ БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ? ЭЛЕМЕНТАРНОЕ ВВЕДЕНИЕ В КОНФОРМНУЮ ЦИКЛИЧЕСКУЮ КОСМОЛОГИЮ

Р. Пенроуз¹

Публичная лекция сэра Роджера Пенроуза, прочитанная 4 апреля 2013 года в МГТУ им. Баумана, г. Москва. Лекция представляет собой введение в идеи, развиваемой автором, конформной циклической космологии.

Ключевые слова: конформная циклическая космология, Большой взрыв, световой конус, темная материя, гиперболическая геометрия, термодинамика.



Первый слайд презентации Р. Пенроуза с названием настоящей лекции. Дословно: «Взгляд через Большой взрыв в другой мир». (Фото А. Складорова).

Эта лекция будет в значительной степени перекликаться с лекцией, которую я читал в политехническом музее в понедельник, но она будет немного более насыщена техническими подробностями. Название лекции «В состоянии ли мы увидеть другой мир сквозь Большой взрыв?». Это название в какой-то степени эпатажно, но мне хотелось бы убедить вас в том, что именно это мы и пытаемся сделать.

Прежде чем перейти собственно к теме, я попытаюсь описать историю нашей вселенной, как мы видим ее в настоящее время. На моих иллюстрациях; по крайней мере, на многих из них, время показано уходящим вертикально вверх; а пространство направлено горизонтально. Внизу на этой иллюстрации, рис. 1, вы видите Большой взрыв, который считается началом вселенной в традиционной космологии. С течением времени мы двигаемся вверх и в каком-то месте делаем поперечный разрез в этом пространственно-временном

¹Запись лекции сэра Роджера Пенроуза, прочитанной 4 апреля 2013 года в МГТУ им.Баумана, г. Москва. Перевод данной лекции и ее запись осуществлена Кирсановой Г.В.

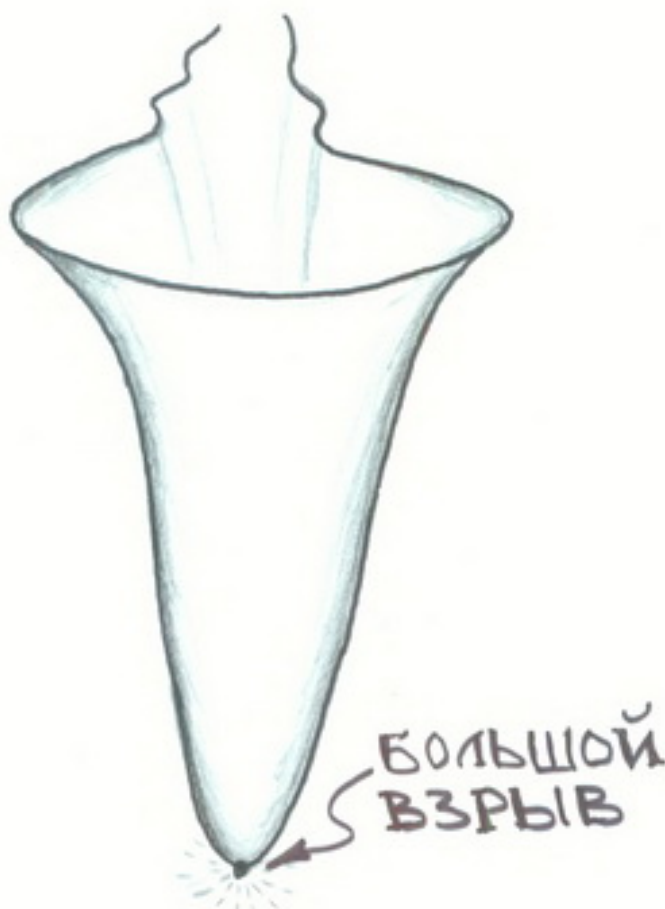


Рис. 1: Схематическое изображение эволюции вселенной: от Большого взрыва до настоящего времени.

отображении. Вы заметите, что на заднем плане картина несколько размыта. Это объясняется тем, что я не хочу создавать предвзятое впечатление относительно того, какую вселенную мы здесь рассматриваем: пространственно-закрытую или открытую. Она может быть либо закрытой, либо открытой, продолжаться, уходя в бесконечность, то есть пространство может быть бесконечным. Вселенная может быть либо пространственно-конечной, либо бесконечной в пространстве. Это не имеет Большого значения для того, о чем я собираюсь говорить.

На этой иллюстрации, рис. 1, вы видите то, что обозначено словом «инфляция», но сама инфляция не изображена. Это расширение вселенной, которое, как предполагается, имело место очень и очень давно, в самом начале ее образования. Есть две причины, почему я не показал ее на этой картинке. Одной из них является то, что, если бы я и нарисовал ее здесь, она была бы настолько мала, что вы ее просто не увидели бы, так как она находилась бы внутри этой маленькой черной точки. Есть и другая причина, я вскоре скажу об этом подробнее, которая заключается в том, что на самом деле я в это не очень верю.

Чтобы понять, что именно современная космология говорит об инфляции вселенной, нам нужно мощное увеличительное стекло. Очень мощное! Я нарисовал его здесь. Что мы можем увидеть? Это всего лишь рукоятка увеличительного стекла, край лупы. Мы видим инфляционную стадию, которая, как полагают, имела место в глубокой древности вселенной, возможно во временном интервале около 10^{32} секунд или что-то около того, на самой ранней стадии ее зарождения.



а)



б)

Рис. 2: Инфляционная стадия развития вселенной.

Для того чтобы объяснить некоторые явления, которые являются загадками вселенной, . . . я всегда испытывал проблемы, несколько с недоверием относился к инфляционной теории вселенной, поскольку, как мне представляется, многое из того, что эта теория должна была объяснить, не нашло объяснения. Это одна из причин, почему я считаю эту теорию проблематичной.

Она должна была объяснить, почему вселенная является однородной. Но это часть гораздо более сложной и важной проблемы, которая, несомненно, теорией инфляции вселенной не объясняется. Позже поговорим об этом.

Тем не менее, инфляция сыграла определенную роль в некоторых экспериментальных космологических наблюдениях. Если у нас нет инфляции вселенной, то нам нужно что-то другое, что послужило бы объяснением явлений.

Одной из наиболее удивительных характеристик инфляции, рис. 2а) является тот факт, что она очень напоминает экспоненциальное расширение, которое существует во вселенной, рис. 1. Если мы вернемся назад, в начальную точку, рис. 2б) обратите внимание, что имеется первоначальная фаза расширения, а позже происходит ускоренное расширение. Это то, что было открыто в конце 20 века, и за это была присуждена Нобелевская премия — не в последний, а в предпоследний раз. Несомненно, это признано фундаментальным наблюдением, касающимся вселенной.

Так выглядит картина вселенной. Кажется, ученые, которые это впервые заметили, были этим несколько озадачены. Однако, это представление хорошо знакомо специалистам в области космологии, которые рассматривают его как возможный сценарий развития вселенной, с тех пор, как Эйнштейн ввел свою космологическую постоянную в 1917 году по — и это общепризнанно — ошибочной причине. Экспоненциальное расширение согласуется с космологической постоянной Эйнштейна, обозначаемой Λ , Большой буквой лямбда. Введена она была, потому что Эйнштейн хотел видеть вселенную стационарной. Вскоре после этого наблюдения убедительно показали, что вселенная не является стационарной, она расширяется, и поэтому Эйнштейн сожалел о том, что ввел космологическую постоянную. Ибо если бы он этого не сделал, то он мог бы предсказать расширение вселенной.

Тем не менее, экспоненциальное расширение является следствием космологической постоянной или за этим стоит нечто другое, например, то, что часто называют темной энергией. Однако наблюдения действительно убедительно указывают на то, что это является следствием космологической постоянной. Космологическая постоянная Λ должна обладать небольшим положительным значением, и тогда имеет место экспоненциальное расширение, если вселенная не является закрытой и относительно небольшой. Но даже и при закрытой вселенной мы имели бы это экспоненциальное расширение, если вселенная является достаточно большой. Все это играет ключевую роль в том, о чем я собираюсь говорить. Принимая, что имеет место экспоненциальное расширение вселенной, я принимаю и возможность Большого взрыва. Но я не могу принять обязательного наличия инфляционной стадии. Я уже отмечал, что экспоненциальное расширение и инфляционная стадия, в каком-то смысле, очень сходные явления. Итак, мы могли бы говорить о каком-то экспоненциальном расширении другого рода, о котором здесь пойдет речь, и которое сыграло роль инфляционной фазы, но она имела место не после Большого взрыва, а перед ним.

Может возникнуть вопрос: почему до Большого взрыва, если Большой взрыв был началом, моментом возникновения вселенной? Идея о том, что инфляционная стадия определенного рода имела место до Большого взрыва, принадлежит известному итальянскому физическому Венециано. Его модель имеет много общего с тем, о чем я собираюсь говорить. Отличие заключается в том, что его теория основана на идеях теории струн, а я в своей модели теорию струн не рассматриваю.

Она совсем не подходит к моей теории. Для того чтобы понять эту модель, я бы хотел ввести два остроумных математических приема. Здесь используется некоторая матема-

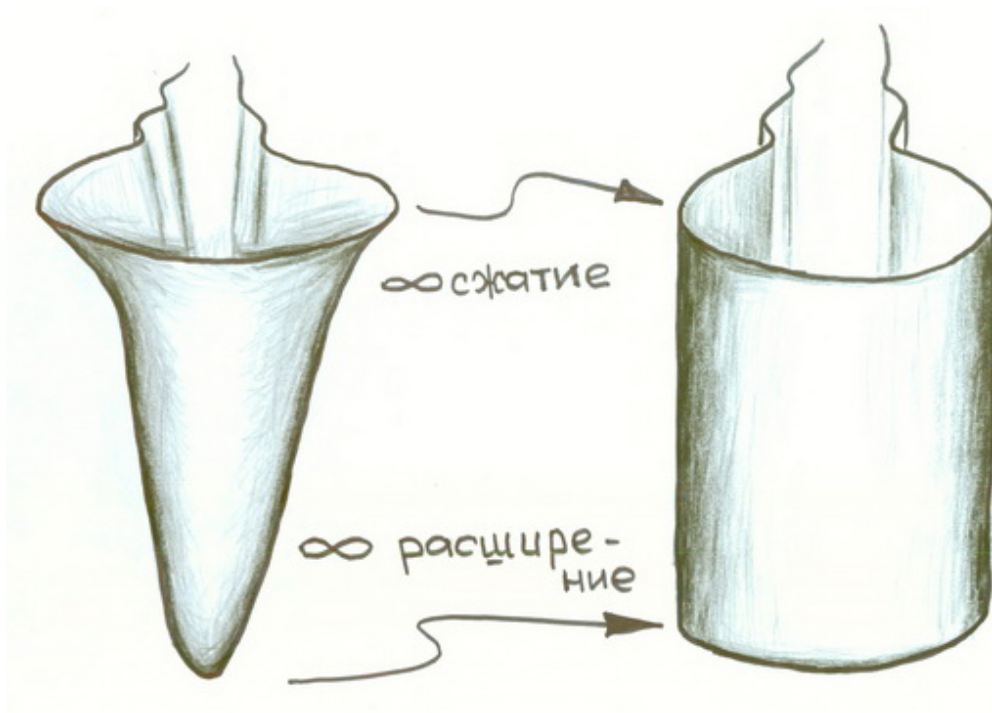


Рис. 3: Конформное преобразование расширяющейся вселенной: бесконечное расширение сингулярности Большого взрыва и бесконечное сжатие будущего состояния бесконечного расширения.



Рис. 4: Картина М.К. Эшера Circle Limit может служить хорошей иллюстрацией идей гиперболической геометрии.

тика, которая удобна, но которая на данный момент не играют никакой особенной роли в физике. Один из них заключается в том, чтобы сплющить бесконечность, так чтобы она превратилась в конечную границу, рис. 3. Мы делаем это с помощью конформного отображения. Чтобы продемонстрировать вам идею того, что я пытаюсь здесь сделать, можно использовать известную картину (рис. 4) нидерландского художника М.К. Эшера (Maurits Cornelis Escher).

Фактически это — модель гиперболической геометрии, геометрии Лобачевского. С помощью этой геометрии можно представить всю плоскость, всю гиперболическую плоскость внутри этой окружности. Это представление Бельтрами (Eugenio Beltrami), итальянского геометра, позже вновь открытое Пуанкаре (Jules Henri Poincaré?). Это изображение, так или иначе, называют диском Пуанкаре. Бельтрами выполнил несколько хорошо известных представлений, не только это, но и несколько других. Это очень изящный способ представления гиперболической поверхности.

Ключевым моментом, основной мыслью, которую я хочу донести, является то, что данное представление является конформным. Это означает, что все эти размеры... обратите внимание, что все эти элементы, эти существа, напоминающие рыбок, находящиеся ближе к границе, должны рассматриваться как конгруэнтные или совпадающие с теми, которые находятся в центре. Благодаря способу представления они сплющены. Поэтому они кажутся нам меньшими по размеру. Но преобразование, которое представляет эти фигуры на евклидовой плоскости, является конформным. То есть углы, например, угол, который имеется на изображении, напоминающем рыбку, представлен правильно вне зависимости от того, насколько близко к краю находится другое такое же изображение. Более того, изображения, напоминающие глаза этой рыбки, которые являются круглыми по форме, остаются круглыми независимо от того, насколько близко к краю изображения они расположены.

Это преобразование сохраняет формы, но не сохраняет размеры. Думаю, что формы фигур, бесконечно малые формы фигур, сохраняются на конформном изображении, но масштаб может быть иным. Это позволяет нам представить всю гиперболическую плоскость, уходящую в бесконечность, как конечную область с гладкой конечной границей. Существует также трехмерная версия этого изображения, когда имеется сфера, а внутри этой сферы находится свободное гиперболическое пространство. Такое преобразование дает нам возможность в пространстве-времени сплющить бесконечность так, чтобы получить в этом месте конечную границу.

Я также принимаю и возможность обратного преобразования Большого взрыва, растягивая его до гладкой конформной границы, рис. 3. Итак, это были два математических приема для представления изящным, конечным образом и бесконечное будущее, и сингулярный, бесконечно сжатый Большой взрыв, как конечную область. Это весьма ценно, если вы хотите проанализировать обе эти области с точки зрения математики.

Необычным в модели, которую я здесь представляю, является то, что я серьезно к этому отношусь и с точки зрения физики. Почему? Подробности — позже. Скажу лишь, что идея состоит в том, чтобы рассматривать историю вселенной без инфляционной стадии, так что один эон (я называю это эоном), один эон неопределенной продолжительности, как в прошлом, так и в будущем, является продолжением другого эона. То есть это изображение, рис. 5, можно продлить до бесконечности в обоих направлениях. Таким образом, существовал эон, предшествовавший нашему Большому взрыву. И будет другой эон в будущем относительно нашего Большого взрыва. И все они komponуются гладким, конформным образом. Конформная геометрия — гладкая геометрия, геометрия перехода от одного эона к другому.

Итак, это была иллюстрация. А теперь я бы хотел обосновать правомерность такого изображения, а также то, что послужило толчком для его появления на основе экспери-

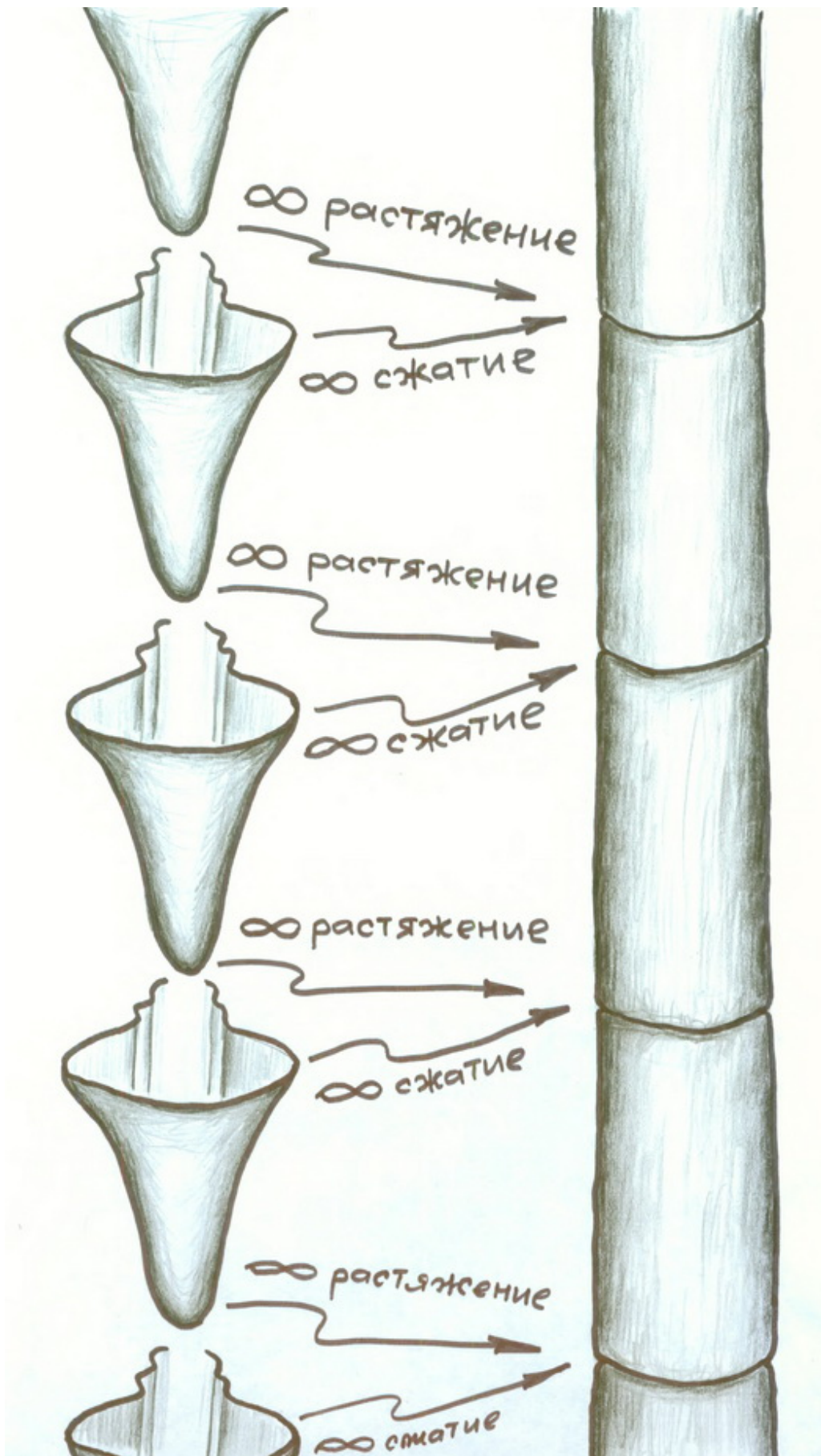


Рис. 5: Бесконечная последовательность зон.

ментальных физических наблюдений, а также показать его целесообразность для физики. Вернемся, на минутку, к нашим двум математическим приемам и более подробно расскажем о них. Рассматривая эти математические приемы, надо сказать, что существует логическое различие между их применениями.

Существует теорема Гельмута Фридриха, который показал, что по существу это расширение — явление весьма общего характера. Мы можем рассматривать модели, которые, если хотите, являются достаточно неоднородными, но мы все же можем использовать этот прием (я имею в виду то, что он работает в обстоятельствах общего характера).

Однако ситуация является совершенно другой с точки зрения логики при рассмотрении второго приема, с помощью которого мы растягиваем Большой взрыв. Это накладывает чрезвычайно сильное ограничение на природу Большого взрыва. Я пытаюсь убедить вас в том, что нам необходимо это чрезвычайно строгое ограничение. Эта идея принадлежит, в основном, моему коллеге из Оксфорда Майклу Тодду, который сформулировал ограничение, которое мы должны накладывать на Большой взрыв именно этим способом, алгебраически. Я хочу сказать вам, объяснить вам, почему нам необходимо такое колоссальное ограничение, накладываемое на Большой взрыв. Фактически, оно связано с одним из основных и элементарных принципов (возможно, элементарных — слово несколько неверное), с одним из основополагающих принципов физики, а именно, вторым законом термодинамики.

Существует некая загадка, связанная со вторым законом термодинамики, о котором мне хочется сейчас поговорить. Во-первых, какова наиболее убедительная причина, заставляющая нас верить в то, что Большой взрыв вообще имел место? Я имею в виду причины, объясняющие расширение вселенной, и если мы экстраполируем расширение вселенной в обратном направлении, происходит сжатие на ранних стадиях развития вселенной. И уравнения Эйнштейна также говорят нам о том, что будет существовать сингулярное состояние в самом начале. Это означает, что уравнения больше не работают, все становится бесконечным, плотности становятся бесконечными, кривизна становится бесконечной. Поэтому именно в этом месте уравнения Эйнштейна перестанут выполняться. Это сингулярное первоначальное состояние Большого взрыва. Мы располагаем некоторыми доказательствами этого расширения вселенной. Мы могли бы предположить, что на ранних этапах развития вселенной произошло нечто другое. Но существуют некоторые прямые доказательства существования Большого взрыва. И самым непосредственным доказательством является микроволновое фоновое излучение, электромагнитное излучение, которое приходит к нам со всех направлений пространства.

Существуют два важных свойства этого реликтового излучения, которые я хотел бы здесь описать. Это фундаментальные свойства, оба играют важную роль в той загадке, о которой я буду говорить. Одним из них является частотный спектр. Частотные характеристики очень точно соответствуют кривой Планка. Это довольно старый слайд, рис. 6, и я ожидаю более свежих результатов наблюдений. Вертикальные линии представляют собой планки погрешностей, но они преувеличены на пять порядков. Даже в самом худшем случае внизу графика, если сделать самую большую линию на пять порядков короче, то эта точка потеряется в толщине линии типографской краски.

Таким образом, сама кривая является чрезвычайно точным представлением кривой Планка. Эта самая точная кривая Планка, известная в экспериментальной физике. Что нам это дает? Кривая Планка — с нее собственно и началась квантовая механика, но согласно этой теории мы рассматриваем состояние термического равновесия. Вычисления построены, исходя из постулата, что существует тепловое равновесие. А если есть тепловое равновесие, то мы можем видеть присутствие излучения конкретно на этой кривой. В соответствии с новой формулой Макса Планка эмиссия и поглощение излучения происходят в виде отдельных порций энергии. Это новый элемент, частота — тоже новый элемент.

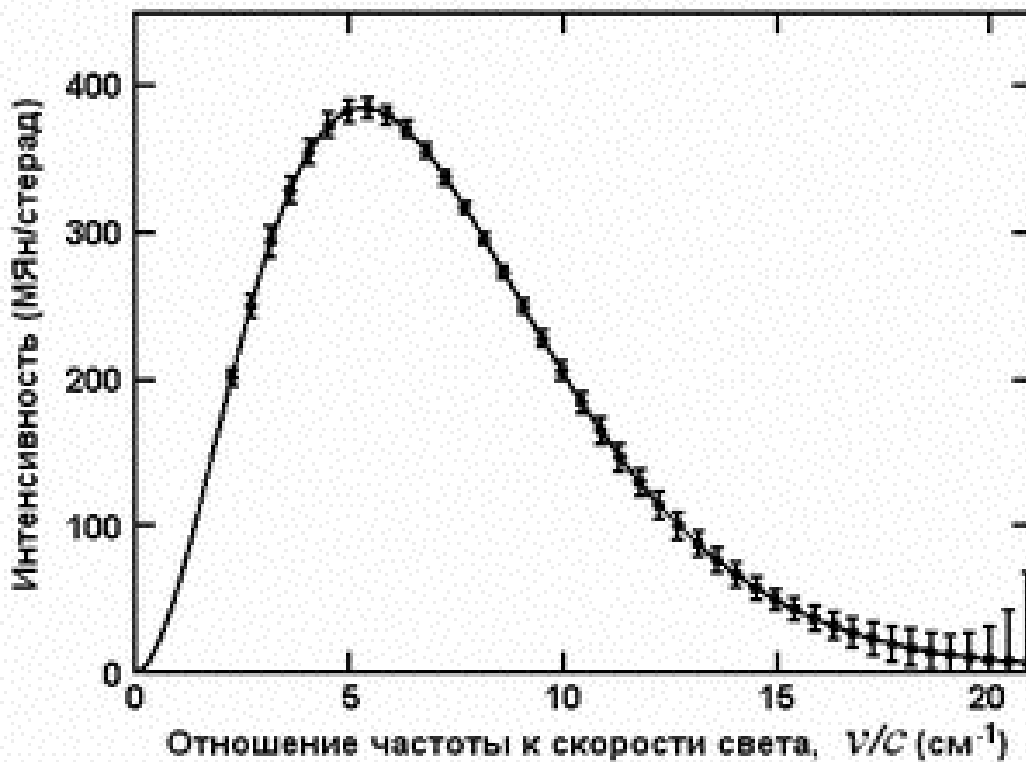


Рис. 6: Спектр реликтового излучения (по данным космического аппарата COBE). По вертикальной оси отложена интенсивность излучения в единицах Ян/стерад (1 Янский = 10^{-26} Дж/м²). По горизонтальной оси — частота, деленная на скорость света. Сплошной линией показан спектр излучения абсолютно черного тела при температуре $T = 2.7277$ К. Вертикальные отрезки показывают ошибки измерения интенсивности излучения с борта COBE, увеличенные в 400 раз. (Источник: <http://cosmo.irk.ru/part5-1.html>).

Я хочу подчеркнуть, что мы рассматриваем тепловое равновесие. А тепловое равновесие означает максимальную энтропию. Если подумать над этим, здесь есть парадокс. Поскольку если вернуться к ранним этапам существования вселенной, согласно второму закону термодинамики энтропия увеличивается с течением времени, хаотичность увеличивается. Но теория также говорит, что по мере возвращения назад во времени, хаотичность должна уменьшаться, поэтому Большой взрыв должен был характеризоваться небольшой энтропией, очень высокоорганизованным состоянием. А тепловое равновесие представляет состояние с максимальной энтропией. Разве это не парадокс? Меня всегда занимал вопрос: почему специалисты в области космологии не озадачиваются этим всерьез. Некоторые ученые, конкретно, выдающийся американский математик и специалист в области космологии Толман (Richard S. Tolman), очень серьезно занимались вопросом трактовки энтропии в космологии. Толман пришел к выводу, что нам необходимо нечто, модель, которая не просто рассматривала бы вселенную как имеющую небольшие размеры — да, в период Большого взрыва, как некоторые считают, мы должны иметь очень маленькую вселенную, где, возможно, нет места для энтропии, что-то в этом роде. Но это неверно, поскольку существует такое же большое число степеней свободы на ранних этапах зарождения вселенной, как и на более поздних этапах. Поэтому тот факт, что вселенная была физически мала — это вообще не аргумент.

Итак, расширение вселенной. Мы не можем, строго говоря, использовать термин «равновесие», поскольку вселенная расширяется, энтропия по существу остается постоянной по мере того, как вселенная увеличивается в масштабах. Поэтому это не является убе-

дательным объяснением. Таким образом, необходимо искать другое объяснение того, что представляла собой вселенная в момент Большого взрыва. Важно то, что мы здесь по существу рассматриваем излучение. Мы рассматриваем электромагнитное излучение, а излучение и материя являются частью этого процесса расширения вселенной, которая по существу находилась в равновесном состоянии. То, что мы здесь не рассматриваем, это тот факт, что существует у вселенной что-то еще, а именно гравитационные степени свободы.

Как мы это трактуем? Я должен отметить второй наиболее важный момент, связанный с реликтовым излучением, к которому я хотел бы обратиться. Он состоит в том, что это излучение является равномерно распределенным (однородным) по всему небесному своду. Будет правильно говорить, что если земля движется, становясь немного теплее в направлении движения и немного прохладнее в противоположном направлении, однородность излучения по всему небосводу настолько велика, что отклонение составляет $1/100$ тысячную часть. Таким образом, мы имеем однородность (равномерное распределение) излучения. Что это означает? Это означает, что вселенная была очень однородной на ранних стадиях. И эта однородность. . . ну, для начала давайте рассмотрим, скажем, газ в каком-то резервуаре. Чтобы проиллюстрировать энтропию, мы можем рассматривать газ, рис. 7, который на начальном этапе сдерживается в углу резервуара имеющимися границами. При устранении границ газ равномерно распределяется по всему объему резервуара. Энтропия возрастает. С течением времени энтропия возрастает. Это согласуется со вторым законом термодинамики. Повторяю, имеется равномерное распределение, которое соответствует высокой энтропии. С точки зрения материи вселенной мы должны иметь что-то, что будет характеризоваться высокой энтропией. Каким образом это согласуется со вторым законом? Мы найдем ключ к объяснению, если будем говорить о гравитирующих телах в масштабах галактик. Представим себе, что вместо резервуара мы имеем галактику, огромную галактику (ну, да это не важно), а вместо молекул газа — звезды. Поскольку они гравитируют, притягиваются друг к другу, они будут образовывать скопления, часто — черные дыры, в которых имеет место громадное увеличение энтропии.

Итак, рис. 7, здесь имеется повышение энтропии и увеличение неоднородности, но ведь с увеличением энтропии однородность должна увеличиваться. Что мы здесь видим? Мы видим высокую энтропию в случае среды, а в случае с гравитацией — очень низкую энтропию. Это скорее загадка, чем парадокс. Это не парадокс, поскольку энтропия действительно была очень низкой по сравнению с тем, что могло бы иметь место на ранних стадиях. Все объясняется гравитацией и ничем больше. Надо понять, почему гравитация отличается от того, что имело место на ранних стадиях зарождения вселенной. Часто люди говорят: «Ну, нам нужна квантовая гравитация для того, чтобы объяснить, что происходит в момент Большого взрыва и т.п.». Но употребление слова «квантовая» не помогает делу. Необходимо понять, почему гравитация отличается, возможно, квантовая гравитация отличается от других видов гравитации, квантовой теории другого вида. Это то, во что я когда-то верил. Может быть, я и до сих пор в это верю. Но я не думаю, что это решает проблему. Позже поговорим об этом.

А пока скажу о черных дырах. Поскольку они играют важную роль в том, о чем я собираюсь говорить. Они представляют собой не просто увеличение энтропии, а абсолютно колоссальное увеличение энтропии. Я думаю, ученые, когда они обнаружили микроволновое фоновое излучение, были удивлены тем, насколько высока его энтропия. Но это ничто по сравнению с энтропией в черных дырах. В нашей галактике есть черная дыра, которая в 4 миллиона раз превышает массу солнца. В других галактиках есть черные дыры даже больших размеров. Используя формулу Бекенштейна-Хокинга, описывающую энтропию в черной дыре, мы находим, что данная энтропия предельно превосходит любую другую энтропию во вселенной. Итак, если рассматривать черные дыры с точки зрения второго закона термодинамики, то они являются определяющим фактором роста энтропии.

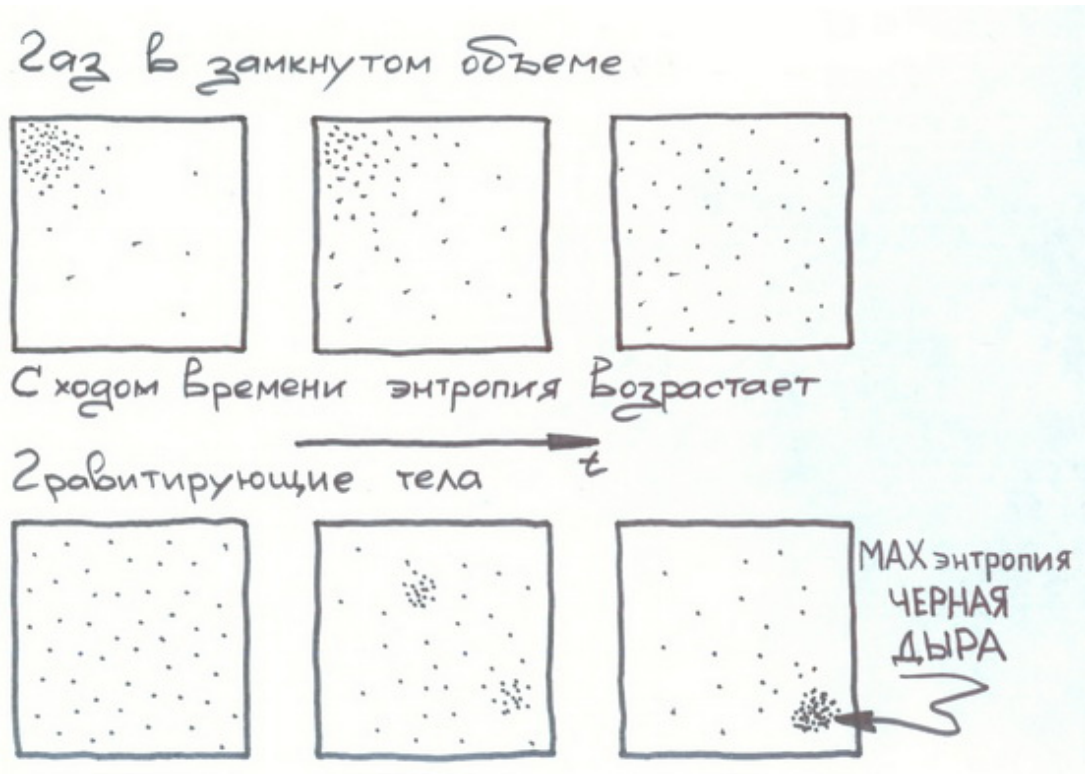


Рис. 7: Второй закон термодинамики: энтропия (грубо говоря беспорядок) со временем возрастает.

Было время, когда рассматривая сингулярности, люди, подчеркивали сходство между сингулярностью Большого взрыва и сингулярностью черной дыры. В обоих случаях уравнения Эйнштейна не работают.

Однако существует огромное различие между этими двумя ситуациями. И это имеет непосредственное отношение к энтропии. Мы доказывали, что Большой взрыв характеризуется сингулярностью с очень низкой энтропией. Черные дыры характеризуются сингулярностями с чрезвычайно высокой энтропией. Сравнивая две ситуации, можем ли мы понять это с точки зрения кривизны, которая используется в теории Эйнштейна? Мы можем разделить тензор кривизны на две части. Одной из них является тензор Риччи, который описывает материю, энергию-импульс, давление и так далее. Второй является тензор кривизны Вейля, описывающий все остальное. Каждый из них имеет десять независимых компонентов. Кривизна Вейля измеряет гравитационные степени свободы, тогда как тензор Риччи измеряет степени свободы источника. Мы находим, что кривизна Вейля играет доминирующую роль. Я думаю, здесь уместно упомянуть анализ, проведенный русскими физиками-теоретиками Лифшицем, Халатниковым и Белинским. Это очень хорошее исследование, которое описывает общий случай сингулярности черной дыры. Что-то действительно происходит в общем случае в черных дырах, и это нельзя игнорировать в соответствии с теорией Эйнштейна. Но я хотел бы подчеркнуть, что сингулярность содержит в себе ключ ко второму закону термодинамики. Итак, повторяю, существует очень низкая энтропия в самом начале. Второй закон содержит в себе это понятие, но мы обязаны начать с малой энтропии, чтобы было, куда идти дальше. Энтропия увеличивается и увеличивается, а в черной дыре она увеличивается несоизмеримо.

Это имеет отношение к таким вопросам, как инфляция вселенной, и почему вселенная является такой однородной. Люди, которые ввели понятие инфляции вселенной, полагали, что однородность вселенной должна объясняться чем-то вроде стадии инфляции. Но я бы хотел попытаться убедить вас в том, что это на самом деле не работает. В любом случае,



Рис. 8: Эволюция сжимающейся вселенной.

это не работает, не дает полного, убедительного объяснения. Возможно, это может быть частью объяснения. Почему? Я бы хотел, чтобы вы представили себе, что вселенная в настоящий момент сжимается, а не расширяется. Конечно, если это (рис. 1) есть решение уравнений, то вот это (рис. 8) тоже — решение уравнений, так как ситуация одинаково хорошо работает в обоих направлениях времени. Но здесь мы рассматриваем уравнения, включающие в себя инфляцию вселенной. Фотонное поле симметрично во времени, как в уравнениях Эйнштейна; и имеет место физика симметрий.

Если бы я несколько деформировал это изображение на микроскопическом уровне, а не на макроскопическом уровне. Если вы посмотрите на энтропию внимательно, вы увидите, что она должна увеличиваться в будущем. Вот здесь энтропия увеличивается таким вот образом. А здесь мы видим сингулярности, неоднородности, которые приводят к образованию черных дыр. И если мы будем рассматривать коллапсирующую вселенную, то согласно второму закону термодинамики в части, касающейся гравитации, неоднородности будут увеличиваться в будущем направлении. И будут образовываться черные дыры. Мы можем себе представить нашу коллапсирующую внутрь вселенную, которая заканчивается вот этой черной дырой, одним жутким беспорядком сингулярности в конце. То есть мы имеем сингулярность с очень высокой энтропией в этом будущем состоянии, рис. 9.

Это значительно, намного более вероятная ситуация. Насколько она более вероятна? Вернемся к этому позже.

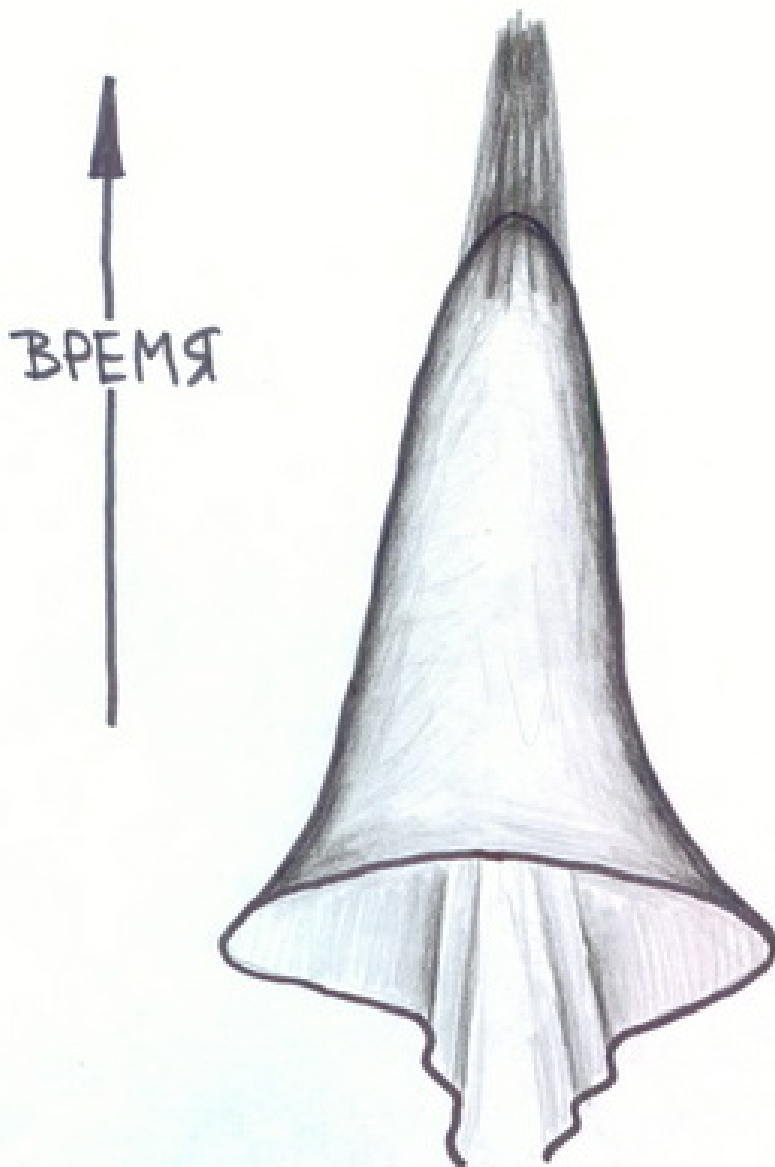


Рис. 9: Коллапсирующая вселенная, заканчивающаяся образованием черной дыры.

Продемонстрирую иллюстрацию того, что может представлять собой значительно более вероятный сценарий начала вселенной. Есть инфляция или нет инфляции — это неважно для нашего обсуждения, поскольку ситуация симметрична во времени.

Итак, почему же вселенная не такая на ранних стадиях? Я должен отметить одну важную вещь, которая представляет интерес для многих. Для того чтобы эта картина представляла собой начало вселенной, здесь, если хотите, должно быть какое-то пространственно-подобное начальное состояние.

Это свойство теории относительности, которое мы склонны принимать. Называется оно законом строгой космической цензуры. В соответствии с ним картина является пространственно-подобной. Существует много решений, объясняющих это состояние. Можно посмотреть, например, на размышления Лифшица, Халатникова и Белинского. Когда мы говорим о пространственном подобии, мы имеем в виду, что это, возможно, было мгновенным событием.

А на изображении подобном рис. 1 ничего похожего нет, все выглядит очень правильно в самом начале. Это событие могло быть мгновенным. И это значительно более вероятное развитие событий при зарождении вселенной (с инфляцией или без нее – нет разницы, поясню, нет разницы для нашей аргументации).

Это загадка. Что является началом нашей вселенной? Почему именно гравитационные степени свободы подавлялись в самом начале, а не что-то иное? Это загадка, которую необходимо рассматривать, которую надо пытаться решить. И большинство космологических моделей рассматривали эту проблему. Некоторые не рассматривали, Толман рассматривал. Он не представлял себе, о каких огромных масштабах идет речь. Он не знал о черных дырах. Пропорции просто устрашающе огромные.

Итак, проблема заключается в том, каким образом следует рассматривать начальное состояние вселенной. По всей вероятности, на Большой взрыв должно быть наложено огромное ограничивающее условие, обусловленное подавлением гравитационных степеней свободы.

Здесь необходимо обратиться к формуле Бекенштейна-Хокинга, чтобы посмотреть, были ли черные дыры или их противоположность — белые дыры, имели ли они место в начале вселенной. И если они имели место, то значительно, значительно более вероятным является этот сценарий. И можно было бы оценить, учитывая сколько видимой материи наблюдается в доступной для наблюдения вселенной, насколько большой могла быть черная дыра, или насколько большой была бы белая дыра, которая могла иметь место. И насколько вероятно увидеть именно эту вселенную. Невероятность того, что вселенная возникла случайно, составляет что-то около 1 части на 10 в степени 10 в степени 124. Ранее я полагал, что в степени 123. Но это было до того, как темная материя стала прочно устоявшимся явлением, или если вы не верите в темную материю, то можно изменить это на 123, а не 124 — не имеет значения. Разница с математической точки зрения очень большая, но для нашего обсуждения она не имеет ровно никакого значения. Здесь абсолютно фантастическим образом имеется огромная степень уникальности, которая нуждается в объяснении. Инфляционная модель вселенной этого не рассматривает.

Перед тем, как перейти к вопросу, почему не рассматривает, я бы хотел рассмотреть вопрос о том, что именно не рассматривает. Как это выглядело? Каким образом можно описать математически, каким могло бы быть это состояние?

Я работаю над этим много лет. Я пытался описать это с точки зрения того, что я называю гипотезой кривизны Вейля. Я упоминал кривизну Вейля, которая описывает гравитационные степени свободы. Но мне представляется, что если вообразить, что мы находимся в ранней вселенной, то кривизна Вейля была бы нулевой или очень маленькой. Оказывается, что математически это довольно странно, как-то нелепо. Почему? По очень простой причине. Тензор кривизны Вейля нуждается в гладком пространстве, поэтому если мы говорим, что тензор Вейля является нулевым в момент его определения, это по меньшей мере странно. Однако мы можем сказать, что мы можем наложить какие-то ограничения, применить определенные ограничивающие процедуры.

В любом случае существует много способов это трактовать. Не знаю даже, какой лучше. Замечательно, что эта гипотеза кривизны Вейля может быть перефразирована, как это очень точно сделал мой коллега Пол Тодд в 2003 году в гипотезе о том, что пространство-время расширяется конформно (структура световых конусов является конформной структурой, об этом немного позже) вплоть до Большого взрыва. Это именно то, что я уже вам демонстрировал, рис. 3. Вернемся к этой иллюстрации, на которой показано, как можно растянуть Большой взрыв.

Это та вселенная, которую мы видим. И такой вид вселенной объясняется, используя гладкое конформное расширение до границы в прошлом. Это идея, которую высказал Пол Тодд. И я принимаю эту идею, я думаю, что это замечательный способ формулиров-

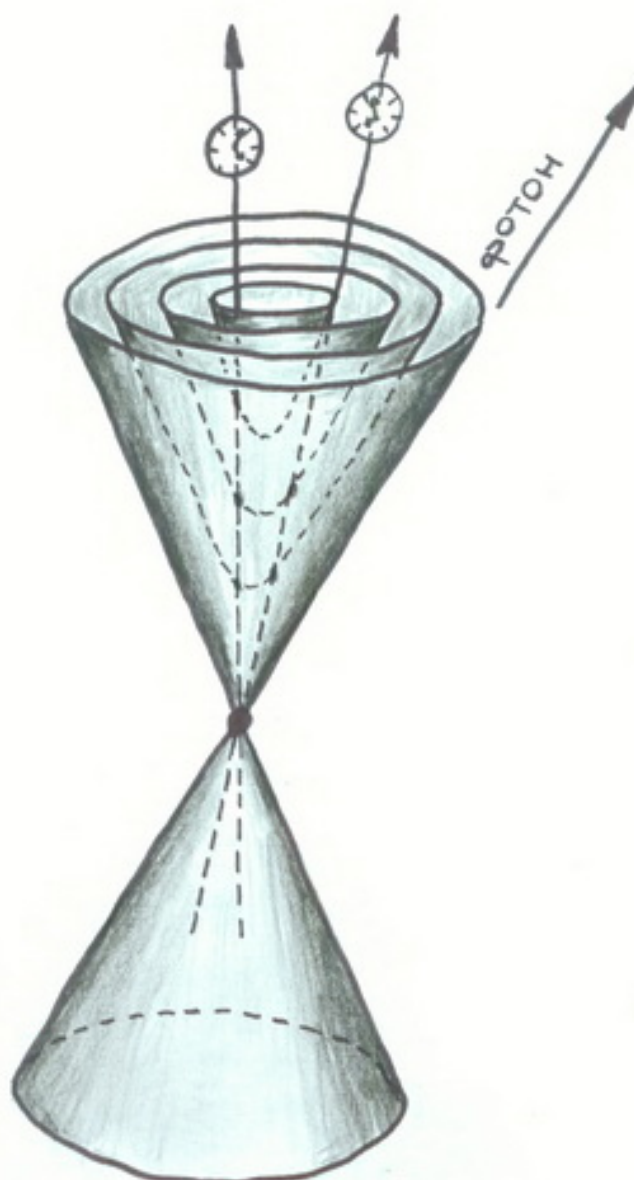


Рис. 10: Пара часов в качестве которых могут служить устойчивые частицы, обладающие массой.

ки гипотезы кривизны Вейля. Строго говоря, это не дает нам кривизну Вейля, которая является нулевой. Это дает нам кривизну Вейля, которая является конечной. Существует большое ограничивающее условие, накладываемое на кривизну Вейля. Это не совсем такая кривизна, о которой я говорил как о нулевой.

Однако если мы пойдем дальше, если вы будете развивать эту теорию, а я собираюсь это сделать вскоре, чтобы объяснить... Дело в том... Ведь что говорит Пол Тодд? Пол Тодд говорит, что если растянуть Большой взрыв до правильной гладкой исходной поверхности, есть ли это всего лишь остроумный математический прием или это нечто другое? Придем к этому позже. Пока это только математический прием.

Вопрос заключается в том, имеет ли это значение с точки зрения физики, имеет ли это отношение к нашей теории. То, к чему я хочу прийти — это какую геометрию следует использовать для пространства-времени. Я уже упоминал световые конусы, как ключевую особенность геометрии пространства-времени. Но световые конусы — это еще не все. Если мы хотим иметь геометрию, в которой нуждается Эйнштейн для своей теории, нам нужна 4-метрика, которая часто записывается как G_{ig} или G_{iv} или G_{ij} . Это тензорная величина,

которая имеет 10 компонентов на одну точку, 10 чисел на точку. Отношения этих десяти чисел представляют собой 9 чисел. И эти 9 чисел дают нам световой конус.

Я должен сказать, что световые конусы — это конформная геометрия с точки зрения пространства-времени. Они определяют углы. Они не определяют масштабный коэффициент, но они определяют конформную структуру. Конформная структура — это и есть структура световых конусов. Мы хотим знать, каким образом ориентированы эти конусы. Плюс это или минус. Конус с плюсом представляет будущее, конус с минусом — прошлое. И мы все же говорим о причинной зависимости. Будущее и прошлое разделяются. Однако мы не обязательно имеем масштаб.

Чтобы ввести масштабный коэффициент, нам нужны какие-то часы. Здесь у меня (рис. 10) есть часы, которые измеряют время. Они измеряют время, и поскольку они измеряют время, они автоматически фиксируют расстояние. Часы очень точные, мы можем использовать атомные, ядерные часы, и точность этих часов определяется в конечном итоге этими двумя очень известными формулами: формулой Эйнштейна $E = mc^2$ и формулой Макса Планка $E = h\nu$. Объединив их, получаем формулу, которая говорит нам о том, что имеется частица с определенной массой, устойчивая частица. Эта частица и есть наши часы.

Итак, мы имеем очень точные часы, которые в конечном итоге зависят от того... элементарные стабильные частицы автоматически представляют собой часы. Объединив формулы Эйнштейна и Макса Планка, находим, что масса такой частицы определяет частоту:

$$\nu = m \frac{c^2}{h} \quad (1)$$

В этой формуле, c — скорость света, а h — постоянная Планка. Точные атомные часы, которые у нас имеются, являются в конечном итоге результатом покоящихся масс частиц.

Итак, фактически это метрика пространства-времени. Мы знаем, что часто говоря о метриках, мы имеем в виду также расстояния. Но это может компенсироваться измерениями времени. Метры могут определяться секундами, то есть нам больше не нужны масштабные линейки, часы дадут нам масштаб. Итак, мы имеем двое часов, рис. 10, двигающихся до одной и той же точки. Таким образом, мы имеем метрическую структуру.

Во многих областях физики нам нужна конформная геометрия. Теории Максвелла являются конформно-инвариантными, и здесь нужны световые конусы, теория Янга-Миллса нуждается исключительно в конформной геометрии, но здесь присутствуют также массивные частицы, а массивные частицы как раз дают нам масштаб.

Итак, если массы нет, то мы имеем этот вид геометрии — конформную геометрию. Если масса есть — геометрию 4-метрики, которую использовал Эйнштейн в своей теории относительности.

Я придерживаюсь мнения, что во время Большого взрыва... По мере приближения к Большому взрыву температуры намного выше, чем, скажем, температура Хиггса. Температура Хиггса, когда вселенная охлаждается до температуры, когда появляется масса Хиггса, именно в этот момент частицы приобретают массу в прямом смысле этого слова; до этого частицы являются фактически безмассовыми. Если частицы безмассовые, то используется конформная геометрия, которая как раз является в данном случае уместной. Это то, что я пытаюсь до вас донести. Это не просто остроумный математический прием. Практически с физической точки зрения мы можем увидеть, в чем заинтересована вселенная, а она заинтересована именно в конформной геометрии.

Что я собираюсь сделать, в некотором смысле, — вещь достаточно оригинальная. Я собираюсь заглянуть в отдаленное будущее, чтобы посмотреть, как оно будет выглядеть. И это отдаленное будущее... да, мы должно еще кое-что пояснить относительно черных дыр. Помните, я говорил об энтропии? Мы знаем, что черные дыры в соответствии с

теорией Хокинга испускают излучение, поскольку они имеют температуру. Если вы спросите, насколько эта температура высока, я скажу, что черные дыры с самой высокой температурой являются самыми маленькими по размерам, а самая маленькая черная дыра, известная нам, в несколько раз превосходит массу солнца. И температура ее очень низкая, сравнимая, скажем, с самой низкой температурой, полученной когда бы то ни было в лабораторных условиях на земле. Тем не менее, эта небольшая черная дыра имеет самую высокую температуру, а в более крупных черных дырах температура еще ниже. Мы знаем о существовании очень и очень больших черных дыр во вселенной, они имеют чрезвычайно низкую температуру.

По мере того, как вселенная расширяется, температура становится сравнимой с температурой окружающей среды меньших по размеру черных дыр, при этом черная дыра являет собой самое теплое место в окрестностях. Черные дыры испускают излучение, и постепенно вся их масса испаряется, пока они не исчезают совсем, заканчивая свою жизнь чем-то вроде хлопка, сравнительно небольшим в космологических масштабах взрывом. Мы не знаем пока, какая физика за этим стоит. Сколько времени это займет? Для самых крупных черных дыр, которые, как полагают, существуют во вселенной, должен пройти период в гугол лет. Гугол — не очень научный термин, он означает число 10 в степени 100. Мы можем ждать 10 в степени 100 лет, пока черная дыра не исчезнет. В конце концов, согласно теории Хокинга, и я с ним согласен, происходит испарение черных дыр, как показано здесь. Боюсь, что масштаб здесь не выдержан. Но черная дыра, в конце концов, исчезает, и наступает то, что я называю очень «скучной, унылой» эпохой. Эпоха и при наличии черных дыр была скучной, но когда они исчезают, наступает еще более монотонная, унылая эпоха.

Когда-то я этим интересовался, размышляя над тем, насколько неинтересна, скучна эта эпоха; потом я подумал о том, а останется ли во вселенной кто-то или что-то, кого будет донимать эта скука. И мне пришло в голову, что, в основном могут заскучать фотоны. Но фотоны не испытывают связи со временем. Поэтому вряд ли они будут испытывать скуку.

Фотоны двигаются вдоль световых конусов, и они даже с первым импульсом сигнала времени не сталкиваются. Итак, фотону все равно, скучна или нескучна вселенная; он летит вдоль границы вселенной и ничего не замечает. Этот аргумент, конечно, нельзя назвать научным. Но мне кажется — я уже высказывал идею о хитроумных математических приемах — будущее будет представлено конечной границей, что соответствует безмассовому содержанию вселенной.

Отдаленное будущее вселенной — безмассовое. Нас это, несомненно, должно интересовать. Черные дыры исчезнут. Однако останутся частицы, в основном, фотоны. Если говорить о количестве частиц, фотонов будет гораздо больше. С другой стороны, логически рассуждая, вы могли бы озадачиться вопросом о каком-нибудь случайном электроны и так далее. Фотоны могут исчезнуть, вместо них могут появиться другие частицы. Электронам и позитронам некуда будет распространяться, если они сохранят заряд. Вы знаете, что не существует заряженных безмассовых частиц. Тем не менее, по моему мнению, в ранней вселенной механизм Хиггса вступает в силу только на более позднем этапе.

Я выдвигаю гипотезу — и это нетрадиционный взгляд, хотя и не лишенный смысла — что масса в очень отдаленном будущем будет вырождаться, следуя определенному обратному процессу Хиггса. Это, конечно, нестандартный взгляд, но данные наблюдений этому не противоречат. Вероятно, пройдет очень и очень большой период времени, прежде чем это произойдет. Существуют некоторые теоретические данные, подтверждающие, что может иметь место нечто подобное. Если рассматривать космологическую постоянную, и то, каким образом рассматриваются частицы в физике элементарных частиц с точки зрения представлений с помощью группы Пуанкаре, мы видим, что покоящаяся масса представляет собой оператор Казимира, и поэтому для стабильной частицы он определенно дол-

жен быть величиной постоянной. Но если учитывать космологическую постоянную, мы, в основном, будем рассматривать группу Де Ситтера, играющую роль группы Пуанкаре, и покоящаяся масса больше не будет оператором Казимира. Поэтому нет реальных причин полагать, что он должен быть постоянным для стабильной частицы. Это не очень сильный аргумент. Но мне представляется возможным, что масса будет распадаться. И я собираюсь допустить здесь, что имеет место именно это.

Вместе с тем, необходимо использовать аргументы Гельмута Фридриха, мы должны согласиться, что имеет место гладкое будущее, на которое нет необходимости накладывать строгие ограничения. Это характеризует стадию перехода к Большому взрыву последующего эона.

На рис. 5 мы видим, как один эон переходит в другой, и за этим стоит конформная геометрия. Существуют также уравнения, которые я должен — не знаю, есть ли у меня достаточно времени для описания этого — но я должен коротко отметить некоторые моменты, связанные с этими уравнениями. Видите ли, нам действительно необходимы математические уравнения для описания условий перехода одного эона в другой.

Необходимо отметить, что для того, чтобы картина была последовательной, мы не только должны согласиться с наличием кривизны Вейля, но также и с тем, что кривизна Вейля должна быть нулевой. Причиной этого является то, что в отдаленном будущем кривизна Вейля в обязательном порядке является нулевой. Существуют уравнения, позже поговорим о них. Это означает, что для того, чтобы присутствовала гладкая конформная геометрия, она должна быть нулевой в следующем эоне. Это дает нам очень сильную версию гипотезы кривизны Вейля, думаю, даже более сильную, чем гипотеза Пола Тодда.

Наконец, я должен отметить еще два важных момента. Одним из них является вопрос, связанный со вторым законом термодинамики. В самом начале нашего обсуждения вы могли задаться вопросом, каким образом в условиях второго закона термодинамики, когда мы имеем дело с постоянно возрастающей энтропией, существует приведенная здесь циклическая модель. Ответом на это является (мне понадобилось много времени, чтобы понять, как это объяснить), мне кажется, ответом должно быть следующее. Когда черные дыры исчезают, согласно первоначальной теории Стивена Хокинга, происходит потеря информации, с технической точки зрения, имеет место потеря степеней свободы в черных дырах, и она исчезает. Потеря степеней свободы — вещь странная с точки зрения общепринятой физики. Однако это означает — позвольте мне показать вам вот эту иллюстрацию (рис. 11) — я хотел изобразить фазовое пространство. В традиционной физике ничего подобного нет. У нас есть фазовое пространство, и эволюция вселенной описывается кривизной в фазовом пространстве. Но если вследствие динамики мы теряем степени свободы, это означает, что мы расплющиваем пространство, а это значит, что нам необходимо построить проекцию этих линий вниз на меньшее пространство, рис. 11. Ничего такого в традиционной физике не происходит, когда степени свободы не теряются. Но если имеет место потеря степеней свободы — а это то, что утверждал «молодой» Хокинг, и я с ним согласен, — то картина будет скорее похожа на ту, которую я вам продемонстрировал на рис. 11. Что это означает? Это означает, что по мере испарения черных дыр, энтропия должна восстанавливаться до исходного положения; нет, я не хочу сказать, что нарушается второй закон термодинамики, он не нарушается.

Дело в том, что определение энтропии изменяет его, поскольку определение энтропии (а я использую определение энтропии Больцмана), согласно которому фазовое пространство, рис. 12, является крупнозернистой структурой, и мы рассматриваем объем фазового пространства, энтропия определяется как этот логарифм, рис. 12, и этот логарифм делает эту энтропию реальной — и это важный момент. Это значит, что когда степени свободы теряются, мы должны вычесть большую величину постоянной из энтропии. Это не нарушение второго закона. Это просто меняет нашу точку зрения на то, какие степени свободы

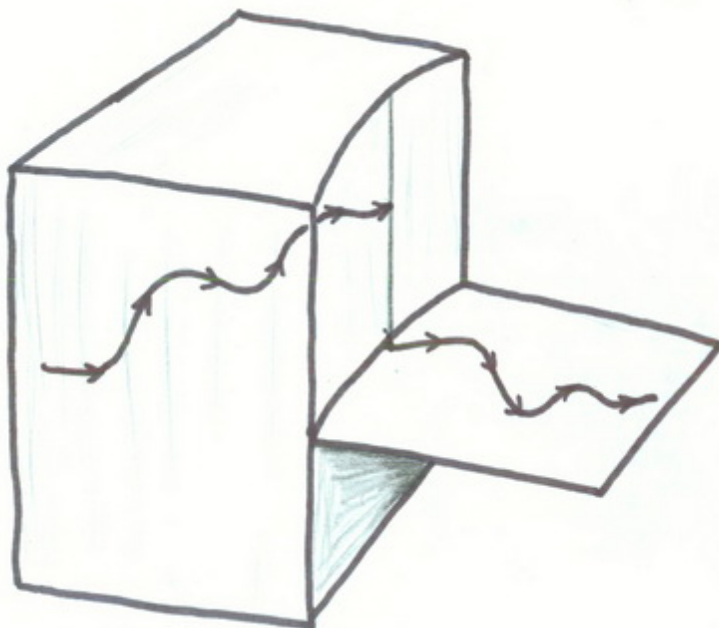


Рис. 11: Потеря степеней свободы в черных дырах.



Рис. 12: Определение энтропии через объем фазового пространства. Необходимо отметить, что $\log(VW) = \log V + \log W$, следовательно, для независимых систем энтропия обладает свойством аддитивности.

имеют значение для определения энтропии. Вся процедура здесь соответствует второму закону. И все же нам приходится перенормировывать понятие энтропии всякий раз, когда исчезает черная дыра.

Итак, это не дает нам противоречивой картины. Она последовательна и в деталях, и в последующих вычислениях и так далее. Важно, что мы находим, что энтропия постоянно увеличивается. Фактически, исчезновение черных дыр, согласно теории Хокинга об испарении, обусловлено вторым законом. Это не просто не противоречит второму закону, это полностью обусловлено вторым законом. Таким образом, второй закон является основополагающим во всех этих процессах. Исчезновение фазового пространства происходит в разные эпохи, не на границе раздела эонов, а (в каком-то смысле) раньше наступления эона. На самой границе раздела нет вообще никакого изменения энтропии.

Итак, это был первый важный момент. Что касается второго момента он связан с данными наблюдений.

В заключении я бы хотел очень коротко рассказать об экспериментальных данных. Это новая, поразительная информация. Я думаю, что мы могли бы здесь рассматривать следующий бурный процесс, который имеет место в зоне, имевшем место до нашего эона. Если время жизни эона рассматривать с точки зрения световых часов, происходят определенные процессы, и наиболее бурным из них будет столкновение сверхмассивных черных дыр. Наша галактика, как я упоминал ранее, имеет черную дыру, масса которой равна 4 миллионам масс солнца.

В галактике Андромеды есть черная дыра, которая даже больше, чем в нашей вселенной. Мы находимся на пути Андромеды, и через не знаю, сколько миллиардов лет мы столкнемся с Андромедой, и, возможно, наши черные дыры... возможно, это столкновение не будет фронтальным столкновением, но галактики могут закручиваться в спирали и так далее. Но когда они поглотят друг друга, будет иметь место колоссальное испускание энергии в форме гравитационных волн. Лишь несколько процентов от общей массы этих черных дыр будут в этом участвовать, но это будет нечто колоссальное, громадное, в масштабах... с точки зрения масштабов, о которых я говорю, процесс будет практически мгновенным. Итак, будет иметь место внезапный выброс энергии в виде гравитационных волн.

Это эон, предшествовавший нашему, рис. 13. Это наш эон. Вот здесь — мы. Если мы будем рассматривать реликтовое излучение, которое регистрируется над этой поверхностью границы раздела, если черные дыры внутри какого-либо галактического кластера поглотят друг друга, будет иметь место испускание энергии в форме гравитационных волн. Очень бурный, мгновенный выброс огромной энергии. По мере того, как мы приближаемся к этой поверхности раздела, а это поверхность раздела, она (согласно этой теории) будет преобразовываться в движение в первоначальной темной материи, которую мы могли бы увидеть, поскольку, когда имеется масса, имеется эффективная вязкость, и импульс будет замедляться до относительно небольших движений в темной материи. Но это будет проявляться в микроволновом фоновом излучении.

Посмотрим на эту картинку, рис. 14, на которой наша вселенная сравнивается с прудом: прошел дождь, и каждая капелька дождя образовала рябь на поверхности. Это хорошая аналогия с тем, что происходит. Предположим, дождь прекратился через некоторое время, вы смотрите на поверхность пруда и видите рябь. И если провести тщательный статистический анализ, мы сможем найти, что каждая отдельная капля дождя вызывает собственные круги на воде. В нашем случае мы имеем нечто подобное. Это по сути отдельные капли дождя, а это те круги, которые они образуют, рис. 14.

Есть ли у нас какие-либо доказательства существования таких кругов? Я показывал эти данные некоторым людям в Принстоне, они на это посмотрели, но их интерес не принес никаких новых идей. Тем не менее, спустя несколько лет Вахе Гурзджян, я с ним связался,

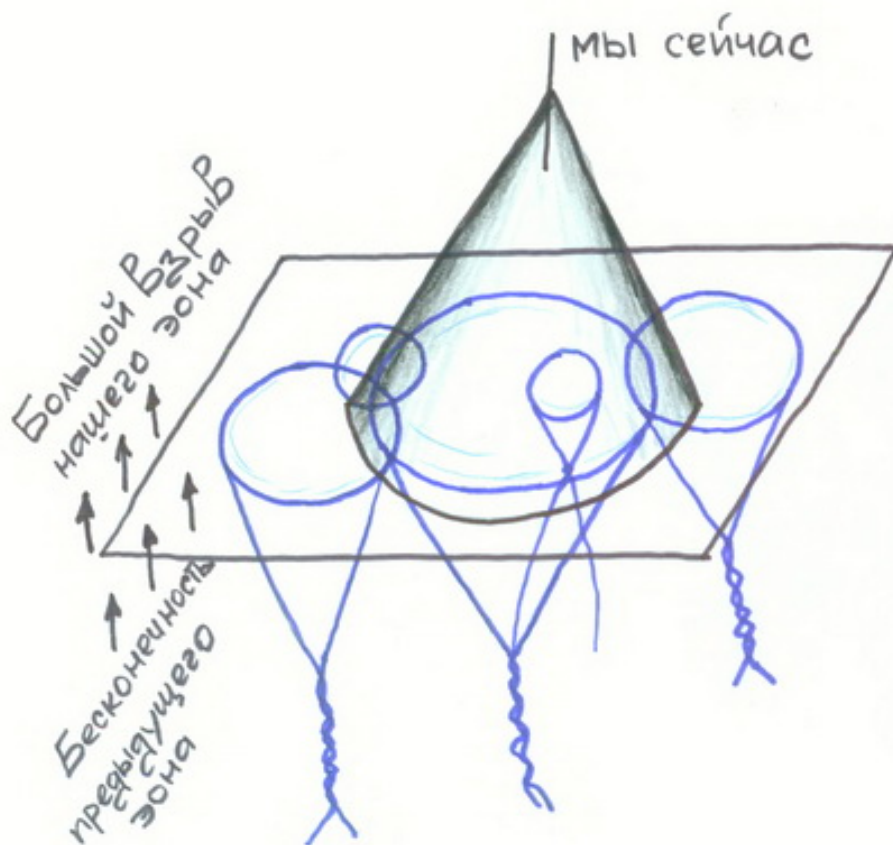


Рис. 13: Поверхность раздела между двумя зонами.

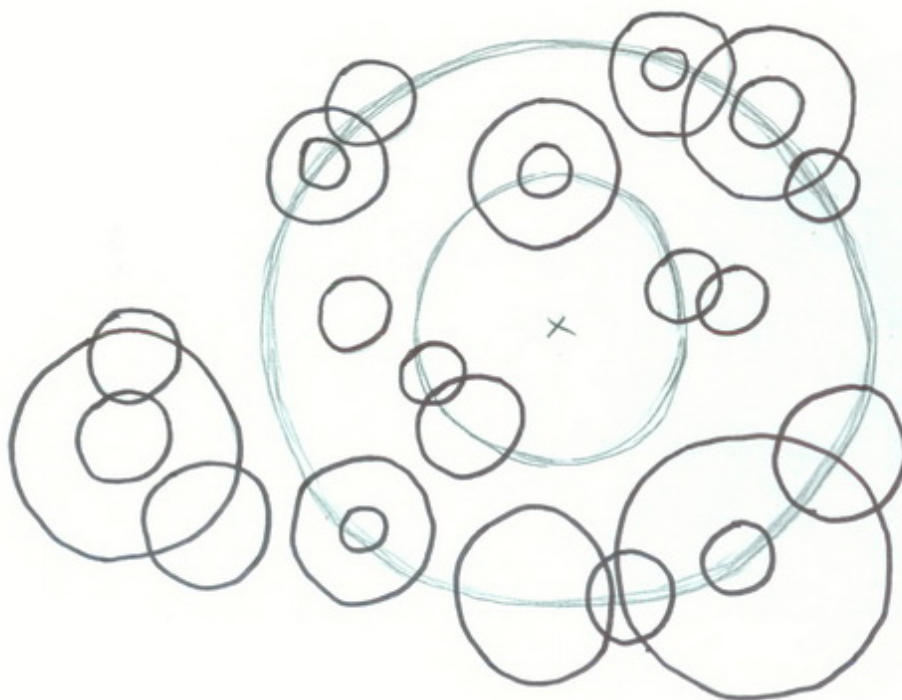


Рис. 14: Круги в космическом микроволновом излучении, дисперсия в которых ниже обычного значения.

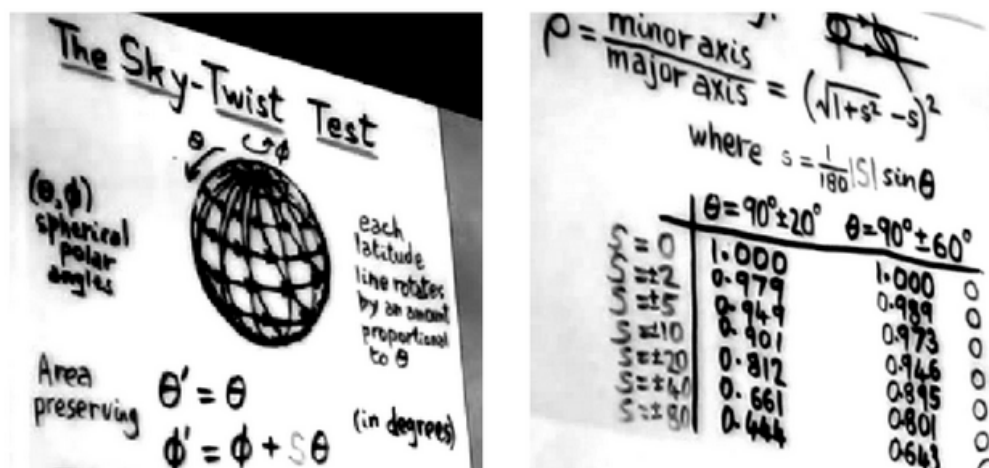


Рис. 15: Скручивание небесной сферы. Фрагмент презентации Р. Пенроуза (Фото А. Склерава).

так вот у него другой взгляд на поиск таких кругов.

Его идея состояла в том, чтобы искать круги, вокруг которых дисперсия ниже обычного значения. На этом изображении показано большое количество концентрических кругов, некоторые из которых являются теплыми, другие — холодными. Теплые круги соответствуют более удаленным источникам, поскольку темная материя движется в направлении к нам. И соответственно рябь, круги, которые приходят от близко расположенных, относительно близко расположенных, источников, будут немного более холодными, потому что они удаляются от нас. Таким образом, для любого случайного круга на небосводе будут существовать круги обоих типов. Некоторые будут теплее, некоторые — холоднее. Отсюда — дисперсия. Если вам удастся, скажем, найти такой круг, то будет существовать дополнительный вклад от самого этого круга, и будет учитываться влияние нелинейных эффектов движения текущей среды.

Это идея, которую Вахе Гурзаян высказал. Он начал искать, исследовать эти явления, делал он это довольно приблизительно. Некоторые говорят: «Вы не учли здесь многих вещей, спектр излучения и так далее». Но в последней статье, мы написали статью, посвященную этому вопросу, которая всего несколько недель назад была опубликована в «Европейском физическом журнале плюс», да, это было несколько недель назад. И ключевым аргументом, который мы высказали в этой статье, мы пытались показать, что обнаруженные нами кольца представляют собой явления закономерные, а не нечто случайное.

Если вы скрутите вот таким образом реальную небесную сферу — это показано на рис. 15, для такого скручивания существуют формулы (рис. 15), скручиваем сферу — то при этом круги изменятся на эллипсы. Если вы будете искать окружности на скрученном небосводе, это будет полностью соответствовать поиску эллиптических фигур, то есть поиск окружностей на скрученном небосводе будет эквивалентен поиску эллипсов на реальном небосводе. Вот это мы делаем, меняя степень скрученности: на каких-то участках скручивания нет, на каких-то — имеет место слабое скручивание. Степень скрученности обозначена буквой S . Когда $S = \pm 2$, эллиптичность составляет порядка 1-2%. Затем мы записываем $S = \pm 80$, в этом случае эллиптичность равна от 2 до 1. Большая полуось где-то в два раза больше малой полуоси.

Я должен сделать пояснение. Мы ищем не просто отдельные круги, но рассматриваем целые кластеры галактик, которые время от времени сталкиваются друг с другом. Время от времени их черные дыры будут поглощать черные дыры других галактик. Они будут выглядеть как концентрические круги, вследствие чего галактические кластеры будут

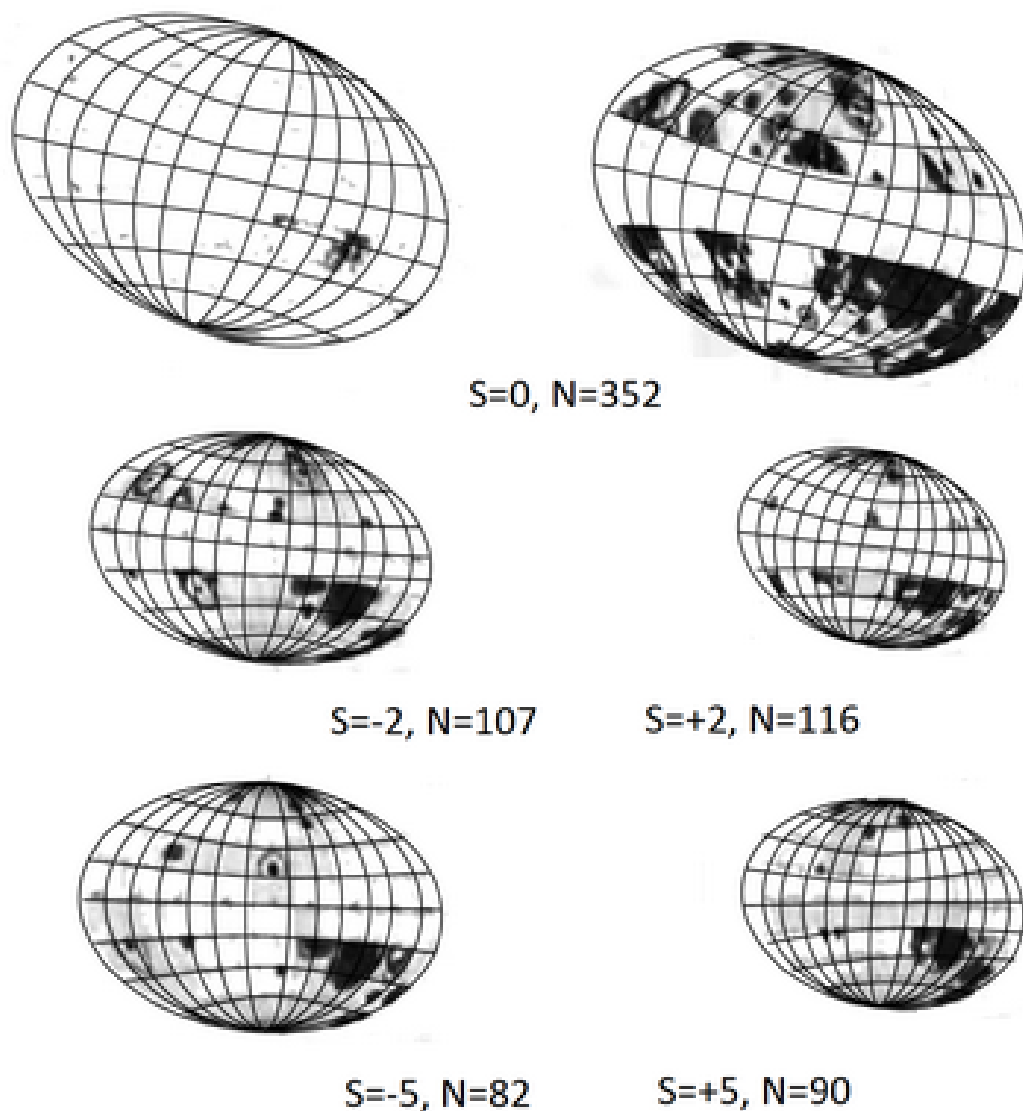


Рис. 16: Результаты анализа космического микроволнового излучения.

сходиться в одной точке на небосводе, и круги будут концентрироваться вокруг этой точки.

На рис.16 представлен анализ космического микроволнового излучения. На двух верхних изображениях мы видим тройки, по крайней мере три такие точки, характеризующиеся низкой дисперсией, и находим 352 центра. Вы видите на этом рисунке слева вверху перенасыщенное пространство. Сначала я был озадачен этим фактом. Непосредственная интерпретация заключается в том, что вселенная в предыдущем зоне была достаточно неоднородной. И это, возможно, не так уж удивительно, ведь мы знаем о сгустках квазаров в нашем собственном зоне, что далеко от однородности. Возможно, это еще одно подтверждение того, что вселенная не является такой однородной, какой мы представляли ее ранее.

Изображения ниже, рис. 16, соответствуют все большей и большей степени скрученности S . В первом случае ($S = \pm 2$) число центров падает более чем в три раза. И это такое скручивание, для которого соотношение большой полуоси к малой составляет только 1-2%. А на самой нижней иллюстрации вы видите эллипс... Эти фигуры совсем не выглядят эллиптическими, они выглядят как круги, но они действительно являются эллипсами. На

нижней картинке степень эллиптичности составляет 2-1%, цифры падают значительно по сравнению с ожидаемыми для совершенно случайного небосвода.

Возьмем произвольный небосвод со спектральной плотностью 15 или 11, ну, может быть, 15 для совершенно произвольно выбранного небосвода. И находим по крайней мере 3 круга. Исследуя далее центры по крайней мере 4 кругов мы нашли количество центров — 56. Когда мы скручиваем сферу, мы имеем эллиптичность, равную только 1-2%. Число центров значительно уменьшается, а именно в 4 раза для степени скрученности 10. Не очень эллиптическая форма. Наблюдается очень значительное уменьшение количества центров. При степени скрученности, равной 50, наблюдаются лишь какие-то случайные точки слева и справа. Практически все полностью теряется. Скручивание в середине не учитывается вследствие засоренности плоскости галактики. В любом случае, эллиптичность равна 2-3; и небесная сфера произвольна. Что бы это не означало, это не объясняется традиционной теорией.

По какой-то причине существуют некие наборы концентрических кругов, которые характеризуются низкой дисперсией.

Теория, о которой я здесь рассказываю, предсказывает это. Идея родилась до того, как были проведены эти наблюдения. Конечно, я предполагал увидеть здесь круги, но я не был уверен, что это будут концентрические круги. Вахе Гурздян отмечал очень низкую дисперсию. Этим также занимались, независимо от нас, некоторые ученые в Варшаве, несколько польских физиков, но они использовали совершенно другой подход, другой анализ. По их данным, отдельные круги такого типа — забыл, каким английским словом это называется — совпадение составляет практически 99,7%. Они проводили свои исследования совершенно независимо от нас. Это не было моделированием, это было наблюдение, наблюдение совершенно реального небесного пространства. Ими получены данные, свидетельствующие о существовании таких концентрических кругов неэллиптической формы.

Если для объяснения этого использовать традиционную теорию инфляции вселенной, необходимо объяснить расширение пространства, трудно представить объяснение этого неизотропного распределения. Теория инфляции объясняет это квантовыми флуктуациями в ранней вселенной, и эти квантовые флуктуации затем увеличиваются вследствие инфляционных процессов, но они должны быть произвольными. Но почему же в таком случае мы видим такую концентрацию в одном месте и полное отсутствие в другом?

Говоря об этом, я считаю, что информация об эроне, имевшем место до Большого взрыва, это не просто какая-то математическая теория, которая с одинаковым успехом может быть обоснованной или необоснованной. Мы действительно видим некоторые доказательства некоторых явлений, которые были предсказаны данной теорией. Возможно, существует и другое объяснение, основанное на более традиционных представлениях, но я пока не встречался с такими объяснениями этих эффектов. Большое спасибо.

SEEING THROUGH BIG BANG INTO ANOTHER WORLD. CONFORMAL CYCLIC COSMOLOGY. BASIC INTRODUCTION

Roger Penrose

Russian translation of public lecture of Professor Roger Penrose organized by Bauman Moscow State Technical University and the Research Institute of Hypercomplex Systems in Geometry and Physics. The lecture presents basic introduction to Conformal Cyclic Cosmology.

Key Words: Conformal Cyclic Cosmology, Big Bang, light cone, dark matter, hyperbolic geometry, thermodynamics.