

Информационный парадокс космологического горизонта событий

Аннотация: Утверждение, что площадь горизонта событий Черной дыры равна количеству информации в ней, является ошибочным.

Abstract: The assertion that the area of event horizon of the black hole is equal to the amount of information in it, is erroneous.

Ключевые слова: Сасскинд; Бекенштейн; энтропия; планковская площадь; бит; информация; чернобит; черная дыра

Keywords: Susskind; Bekenstein; entropy; Planck area; bit; information; blackbit; black hole

УДК 53.01; 004.074.2

Целью и задачей работы является раскрытие устоявшейся ошибки о величине информации на горизонте событий Черной дыры, вызванной некорректными логическими построениями и неточностями в математических вычислениях.

Актуальность диктуется необходимостью устранения в физике заметных уклонов в мистицизм, необоснованные художественные, не научные интерпретации.

Научная новизна работы состоит в том, что впервые приводятся доводы, явно опровергающие ошибки, присутствующие в современной научной литературе по космологии и физике, относящиеся к энтропии и информационному содержанию горизонта событий Черных дыр. Показано, что связь между объемом информации, содержащейся в Черной дыре, и площадью её поверхности в планковских единицах не является пропорциональной.

Введение. Гипотеза о голографической Вселенной в современной космологии и разделах физики, связанных с нею, в настоящее время рассматривается как прямое следствие, интерпретация результатов научных исследований, математических выкладок [1]. Однако, при детальном анализе можно обнаружить серьезные логические и даже просто вычислительные изъяны гипотезы. В художественно-литературном смысле идея о голографической сущности Вселенной красивая, хотя и относительно не новая. Давно уже придуманы подобные ей сценарии, например, об искусственном происхождении человеческой цивилизации, созданной инопланетянами, или виртуальности всего нашего

мира в виде некоего подобия компьютерной программы, такой, которая изображена в фильме "Матрица".

Результаты исследования. Сущность идеи состоит в своеобразной интерпретации интересных выводов [4], полученных известным ученым Бекенштейном при исследовании космологических объектов – Черных дыр. Сасскинд приводит их в следующей формулировке:

"Энтропия черной дыры, измеренная в битах, пропорциональна площади ее горизонта, измеренной в планковских единицах".[1]

Если бы остановиться на этом, то не было бы заметно никаких противоречий. Но энтропия системы имеет непосредственную связь с информацией, содержащейся в этой системе, поэтому закономерно появилось несколько расширенное толкование тезиса Бекенштейна:

"Информация равна площади" [1]

Иначе, более развернуто, информация, содержащаяся в Черной дыре, равна количественно площади её горизонта событий, измеренной в планковских единицах. Это довольно-таки загадочная связь между площадью и информацией:

"Каким-то образом в принципах квантовой механики и общей теории относительности скрыта загадочная связь между невидимыми битами информации и кусочками площади планковского размера" [1].

Другими словами, информация, содержащаяся в Чёрной дыре, измеряется площадью поверхности её горизонта событий, энтропия Чёрной дыры определяется этой площадью, а сам её горизонт является местом их хранения. Из этого следует, что, собственно в материальном, вещественном объёме чёрной дыры информация не содержится. Все это крайне интересно, поскольку весьма странно, учитывая условность самого понятия горизонта. Понятно, что площадь горизонта напрямую связана с объемом черной дыры. Почему же тогда информация, так сказать, "выдавливается" на её поверхность? И вообще, что это означает? Известно, что горизонт событий Черной дыры - это

материально ничем не примечательное место в пространстве, главной особенностью которого является лишь некоторое специфическое значение гравитационного потенциала. Действительно, пространства чуть выше или чуть ниже горизонта различаются только этим потенциалом, и свободно падающий наблюдатель никак не сможет увидеть, почувствовать разницу между ними.

Чтобы подтвердить приведенный тезис, Сасскинд приводит несложные, выглядящие корректными, вычисления:

"если взять черную дыру земной массы (размером с клюквину) или черную дыру в миллиард раз массивнее Солнца? Попробуйте — с числами или с формулами. Каков бы ни был исходный размер черной дыры, всегда выполняется правило" [1].

Что ж, давайте попробуем. Автор предлагает вычислить, насколько увеличится площадь горизонта Черной дыры при добавлении к ней одного бита информации. Сначала вычисляется энергия добавляемого бита, которая затем по формуле Эйнштейна переводится в массу. После этого определяется новая масса Черной дыры. По изменившейся массе Черной дыры определяется новый гравитационный (шварцшильдовский) радиус черной дыры и по его величине определяется прирост площади горизонта дыры.

Повторим все предварительные рассуждения и промежуточные вычисления, но здесь сразу приведем (в метрах) только окончательное выражение [2], которое совпало с результатом Сасскинда [1]:

Теперь можно вычислить, на сколько увеличилась площадь горизонта событий Черной дыры (в кв.м):

В цитированной работе конкретные числовые вычисления производились последовательно, мы же вывели окончательное выражение в общем виде, поэтому просто сравним результаты. Наш результат (в кв.м):

и результат Сасскинда. Согласно его выводам прирост площади горизонта при добавлении к черной дыре одного бита информации, то есть прирост площади должен быть равен квадрату планковской величины (в кв.м):

Как видим, расхождение почти в 8 раз. Для большей наглядности переведем полученное нами проверочное выражение в безразмерное количество планковских площадей:

То есть, увеличение площади горизонта событий при добавлении к Черной дыре одного бита информации равно 16π планковских площадей. Как видим, в лучшем случае количество бит пропорционально площади горизонта событий, причем коэффициент достаточно большой. Расхождение (в 6 раз) с приведенными выше вычислениями связаны, очевидно, с округлением.

По какой причине Сасскинд получил другой результат, судить сложно. Это либо небрежность в вычислениях, либо намеренная подтасовка под желаемый результат. Но в любом случае мы имеем право заявить, что приведенные им выкладки ошибочны: площадь поверхности горизонта событий не только не равна информации, но даже и не пропорциональна ей. Полученный нами коэффициент пропорциональности 16π тоже ошибочен! И причина его ошибочности довольно банальна: отбрасывание бесконечно малой величины. Конечный результат при этом нам был известен, но для наглядности в приведенных выкладках мы его пока не раскрывали. В принципах квантовой механики и общей теории относительности нет никакой загадочной связи между невидимыми битами информации и кусочками площади планковского размера. Есть небрежные вычисления и сильное желание выдать эту идею за реальность.

Для простоты и удобства в дальнейших рассуждениях введем новую информационную величину: количество информации, содержащейся в Черной дыре, которую назовем чернобит или blackbit (bhbit), которое равно количеству информации, содержащейся в

Черной дыре минимального размера. Такой размер имеет нейтронная звезда максимальной массы в момент её коллапса в черную дыру. Как известно [3], масса такой звезды равна приблизительно 2,3 масс Солнца. Принимая, что количество информации такой Черной дыры равно количеству планковских площадей её горизонта событий, находим, что 1 чернобит (blackbit - bhbit) в битах равен:

где

M_{\odot} - масса Солнца;

BH – количество информации, содержащейся в Черной дыре;

S_h – планковская площадь;

ℓ_h – планковская длина.

Теперь возьмём две такие Черные дыры. Очевидно, что каждая из них содержит один и тот же объём информации, поскольку в противном случае любые рассуждения о её количестве просто теряют смысл. Также очевидно, что обе Черные дыры имеют одинаковую площадь горизонта событий просто потому, что это две одинаковые Черные дыры. Соединим эти две Черные дыры в одну. Суммарный объём информации при этом должен остаться прежним, иначе нам следовало бы объяснить, куда исчезла или откуда появилась дополнительная информация. Никаких разумных объяснений такому изменению информации, видимо, не существует:

Масса суммарной Черной дыры также удвоится, но площадь горизонта событий увеличится не в два раза, и, соответственно, суммарный объем информации в планковских площадях:

Мы получили два выражения для суммарного количества информации в Черной дыре: как сумму информации двух одинаковых Черных дыр и как количество информации Черной дыры удвоенной массы. Как видим, эти две величины не равны:

Получилось, что объем информации в битах, содержащейся в двух одинаковых Черных дырах в 2 раза меньше, чем объем информации, содержащейся в Черной дыре удвоенной массы. Откуда взялся дополнительный объем информации, такой, будто к суммарной Черной дыре добавлена информация из ещё двух таких же дыр?

Для сравнения вычислим объем "материальной информации" Черной дыры, содержащейся в её составляющих – нейтронах. Масса M возникшей первичной (минимальной) Черной дыры равна:

Количество нейтронов, образовавших эту Черную дыру, равно:

Количество информации, измеренное в планковских площадях, равно:

Получается, что на каждый нейтрон, вошедший в Черную дыру, приходится порядка 1020 бит информации. Много это или мало? Для описания массы и размера нейтрона необходимы, по меньшей мере, два числа, каждое из которых представляет собой число порядка 10^{16} - 10^{30} бит. Даже если директивно принять, что все нейтроны тождественны друг другу, то даже в этом случае мы не можем не признать, что каждый из них находится во взаимодействии с каждым из остальных. Другими словами, достаточно ли информации в 1080 бит, чтобы описать состояние системы из 1060 элементов? Вопрос риторический, но один из явно напрашивающихся ответов – недостаточно, причем на много порядков.

В заключение следует все рассуждения о количестве информации на горизонте Черной дыры признать схоластикой из того же ряда, что и вопрос о количестве ангелов, танцующих на кончике иглы. Соответственно, идея о голографической Вселенной – это прекрасная идея для научно-фантастического рассказа, но пародия на гипотезу научную. Конечно, доводы Сасскинда не являются строгим научным описанием, хотя они все-таки сформулированы достаточно четко и однозначно. Авторитет автора не вызывает никаких сомнений – это один из ведущих физиков современности, но выводы его оказались ошибочными.

Кстати, простой просмотр интернета дает сведения, что в видимой части Вселенной содержится 1090 бит информации, а с помощью телескопа Хаббла, в пределах чувствительности, во всей Вселенной обнаружено около 130 миллиардов галактик. Простой подсчет дает для этого количества галактик суммарное количество информации: $10^{74} \cdot 10^{14} = 10^{88}$. То есть, на пределе точности практически вся информация видимой Вселенной оказывается сосредоточенной только в Черных дырах, причем все они имеют минимальный размер, а звезды и межзвездное вещество (газ) информации не содержат. На самом деле таких минимальных Черных дыр не наблюдается, а в центре каждой галактики, как считается, находится сверхмассивная Черная дыра, горизонт событий и информация в которых на много порядков больше.

Заключение. Изложенное позволяет сделать вывод, что выкладки, относящиеся к информации в Черных дырах, противоречивы и не могут использоваться даже для оценки её величины.

Библиографический список:

1. Сасскинд Леонард, Битва при черной дыре. Мое сражение со Стивеном Хокингом за мир, безопасный для квантовой механики. — СПб.: Питер, 2013. — 448 с.
2. Путенихин П.В., О количестве информации на горизонте Черной дыры, URL: http://samlib.ru/editors/p/putenihin_p_w/infobh.shtml (дата обращения 10.01.2017)
3. Путенихин П.В., Нужна ли сингулярность Черной дыре и общей теории относительности?, 2015, URL: <http://econf.rae.ru/article/9243> (дата обращения 10.01.2017) http://samlib.ru/p/putenihin_p_w/singular.shtml (дата обращения 10.01.2017)
4. Злосчастьев К., Черные дыры. «Наука и жизнь» № 12, 2005 г., стр. 2 – 9, URL: <http://www.nkj.ru/archive/articles/2927/> (дата обращения 13.01.2017)