

Может ли Вселенная не быть черной дырой?

(28.03.2011. Изменено 11.04.2011)

В статье аргументируется утверждение о том, что наша Вселенная является черной дырой. Обсуждаются следствия этого утверждения.

1. Введение

Стандартная космологическая модель (СКМ) предполагает, что наша Вселенная характеризуется плоской геометрией и открытой (в геометрическом отношении) метрикой¹. Это, в частности, должно означать, что пространственный объем Вселенной является неограниченным, т.е. *бесконечным*.

Между тем, ряд свойств Вселенной приводит к мысли, что она представляет собой черную дыру. Насколько я могу судить, одним из первых к этой идее пришел выдающийся американский физик Дж. Уилер. Сообщая об этом, Ли Смолин пишет в работе [**Smolin, 1994**]:

Можно предположить, что каждая черная дыра в нашей Вселенной приводит к созданию новой вселенной и, соответственно, большой взрыв в нашем прошлом есть результат формирования черной дыры в иной вселенной. (Перевод мой – МХШ)

Эта идея и сейчас бродит среди физиков, как “призрак коммунизма по Европе” (Карл Маркс)². Я независимо пришел к этой же идее, работая с 1993 года над концепцией расширения Вселенной как основного и единственного феномена, определяющего течение времени. До настоящего момента моя позиция состояла в том, что эта гипотеза является *допустимой* (наряду с СКМ и другими моделями). Однако в настоящей публикации я защищаю более сильное утверждение, заведомо *исключающее* все альтернативные модели:

Вселенная не может не быть черной дырой.

2. Почему Вселенная не может не быть черной дырой

Начнем с физической аргументации. Любое материальное тело характеризуется гравитационным радиусом $R_G = 2MG/c^2$ (где M – масса объекта, G – гравитационная постоянная, c – скорость света). Геометрический радиус (сферического) тела R “обычного” объекта превышает R_G , тогда как в случае черной дыры дело обстоит противоположным образом.

Рассмотрим бесконечную Вселенную, обладающую *заданной* (средней) плотностью ρ и бесконечной массой. Выделим мысленную сферу радиуса R , близкого к нулю. Увеличивая радиус нашей виртуальной сферы, мы тем самым будем увеличивать ее массу M (а значит – и гравитационный радиус R_G) пропорционально кубу геометрического радиуса. Следовательно, геометрический

¹ Представление о плоской Вселенной не основано на непосредственно наблюдаемых данных, как часто думают. Оно *выводится из модели эволюции с ненулевой космологической постоянной*, что может быть оспорено. Эта проблема подробно рассмотрена мной в работе [**Shulman, 2010**].

² В частности, в недавней работе [**Poplawsky, 2011**] рассмотрен конкретный сценарий рождения Вселенной из черной дыры.

радиус R пропорционален кубическому корню из массы M . Нелинейность этой зависимости означает, что, начиная с некоторого критического значения (зависящего от плотности ρ), гравитационный радиус *обязательно* превысит геометрический размер сферы (см. рис. 1), т.е. она *неизбежно* превратится в черную дыру, для которой *критическая* плотность $\rho_{cr} \sim (R_G)^{-2}$ совпадет с заданной плотностью ρ . Таким образом, вследствие неотвратимости коллапса, Вселенная не может быть бесконечной.

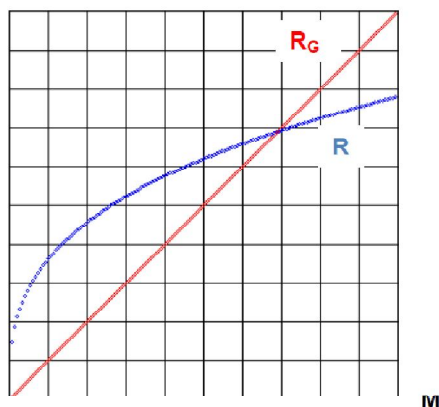


Рисунок 1.
Изменение гравитационного (R_G) и геометрического (R) радиусов объекта с ростом его массы M при заданной плотности $\rho = \text{const}$

Рассмотрим теперь нашу Вселенную, средняя плотность которой известна (порядка 10^{-29} г/см³). В табл. 1 представлены результаты расчета параметра (ρ/ρ_{cr}) близости объекта к состоянию гравитационного коллапса для различных астрофизических объектов.

Таблица 1
Отношение (ρ/ρ_{cr}) для различных астрофизических объектов

Объект	Масса M (кг)	Радиус R (м)	Гравитационный радиус R_G (м)	$(\rho/\rho_{cr}) = (R_G/R)^3$
Земля	$6 \cdot 10^{24}$	$6 \cdot 10^6$	10^{-2}	$\sim 10^{-26}$
Солнце	$2 \cdot 10^{30}$	$7 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^3$	$\sim 10^{-16}$
Млечный Путь	$3 \cdot 10^{42}$	$\sim 10^{19}$	$\sim 10^{15}$	$\sim 10^{-12}$
Вселенная	$\sim 10^{53}$	$\sim 10^{26}$	$\sim 10^{26}$	~ 1

Из этой таблицы следует, что Вселенная в целом действительно должна находиться в состоянии гравитационного коллапса.

К такому же выводу меня приводит и *геометрическая* аргументация. Как уже было отмечено, СКМ, исходя из определенной интерпретации данных наблюдений, предполагает, что Вселенная, расширяясь, является пространственно *бесконечной* и обладает *плоской* геометрией. Вот типичное описание этой модели, взятое из известной книги [Greene, 2004] (глава 8):

“... если вселенная пространственно бесконечна, уже имеется бесконечная пространственная протяженность в момент Большого взрыва... В такой обстановке Большой взрыв не имел места в одной точке; напротив, Большой взрыв имел место везде на бесконечной протяженности. По сравнению с

обычным точечным началом, это похоже на много Больших взрывов в каждой точке бесконечной пространственной протяженности. После Взрыва пространство раздувалось, но его общий размер не возрастал, поскольку нечто, уже бесконечное, не может стать еще больше. Что возрастало, так это расстояния между объектами вроде галактик (как только они сформировались). “

Однако, по моему мнению, логика, развиваемая Грином, подходит для любого момента времени, *кроме начального*. В этот момент все расстояния должны быть равны нулю. Но в пространстве с метрикой это означает, что Большой Взрыв произошел все-таки в *одной* точке, а не то, что имелась “бесконечная пространственная протяженность в момент Большого взрыва”.

Кстати, сказать, несмотря на вышеописанное модельное представление, обычно эволюцию Вселенной изображают, исходя из наличия у нее в каждый момент времени *определенного размера и геометрической замкнутости*, с помощью картинок такого типа (здесь пространственная Вселенная представлена двумерной поверхностью):

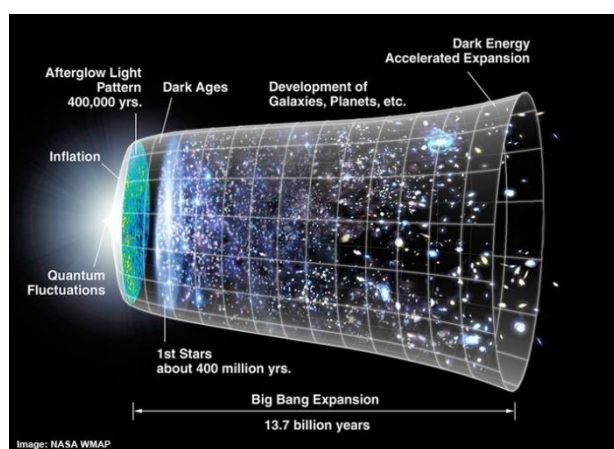


Рисунок 2. Картина эволюции Вселенной
Иллюстрация с сайта <http://bccp.lbl.gov/cosmology.html>

Разумеется, в защиту СКМ с ненулевой космологической постоянной и гипотезой о плоской геометрии Вселенной приводится большое количество аргументов, основанных на интерпретации данных астрофизических наблюдений. Работа, проделанная космологами для выработки этой интерпретации, огромна и вполне заслуживает столь же огромного уважения и даже “презумпции правильности”. Но не слепой веры.

К настоящему времени мной проанализировано большое число этих аргументов и, как мне кажется, показано, что альтернативная космологическая модель дает не худшие, а в ряде случаев – и более близкие к опытным данным результаты (см. мои работы [Shulman, 2006 – 2011], а также регулярно появляющиеся в Архиве работы других авторов). Более того, сам феномен течения времени естественным образом получает свое объяснение в необратимом расширении черной дыры.

3. Эволюция Вселенной и термодинамика

СКМ полагает, что наша Вселенная является:

- открытой в *геометрическом* отношении, т.е. обладает плоской метрикой и нулевой кривизной, а также бесконечным объемом;
- замкнутой в *термодинамическом* отношении, т.е. не обменивается с какой-либо внешней средой ни материей, ни энергией, следовательно, в ней должен действовать закон сохранения энергии и материи.

В предшествующем разделе мы рассмотрели аргументы в пользу того, что Вселенная должна быть *черной дырой*, т.е. быть замкнутой в *геометрическом* отношении, обладать положительной кривизной и конечным пространственным объемом. Но черная дыра не может быть замкнутой системой в *термодинамическом* отношении, т.к. она поглощает энергию и материю из внешней среды, необратимо расширяясь именно вследствие и по мере этого процесса.

Представление современной космологии о Вселенной как о замкнутой системе вызывает ряд трудностей при объяснении реально наблюдаемой картины, в том числе полного несоответствия состоянию равновесия. Поэтому космология ссылается на общую теорию относительности, согласно которой мир как целое должен рассматриваться не как замкнутая система, а как система в переменном гравитационном поле, для которой второе начало термодинамики может и не выполняться ([**Landau and Lifshitz, 1976**]).

Представление о Вселенной как о черной дыре в определенном смысле конкретизирует этот тезис. С одной стороны, энергия, как отмечено выше, поступает из внешней среды. С другой стороны, в нашей Вселенной существуют “стоки энергии” – внутренние черные дыры, в том числе – сверхмассивные дыры в центрах галактик³. Таким образом, Вселенная оказывается *открытой* термодинамической системой.

Есть основания полагать, что входной поток энтропии оказывается *меньше* выходного потока, при этом энтропия Вселенной *уменьшается*, а не возрастает. Именно это обуславливает непрерывную дифференциацию структуры Вселенной и все большее отклонение от состояния ее равновесия на протяжении 13,7 миллиардов лет ее существования (см. [**Shulman, 2009**]).

Благодарность

Я признателен Gary Raffel за сотрудничество, плодотворное обсуждение и за то, что он обратил мое внимание на книгу Брайана Грина.

Ссылки

[**Egan and Lineweaver, 2009**] Ch. Egan and Ch. Lineweaver. A larger estimate of the entropy of the universe. ArXiv:0909.3983v1 [astro-ph.CO] 22 Sep 2009. См. русский перевод “Увеличенная оценка энтропии Вселенной” по ссылке

http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_translation/Universe_entropy.pdf

[**Greene, 2004**] Brian R. Greene. The fabric of the cosmos: space, time and the texture of reality. Random House, Inc., New York, 2004. Русский перевод: Брайан Грин. Ткань космоса: Пространство, время и структура реальности. УРСС, М., 2006

[**Landau and Lifshitz, 1976**] Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. Курс теоретической физики, т. 5б ч. 1. Москва, Наука, 1976.

³ Эти сверхмассивные черные дыры вносят доминирующий вклад в энтропию нашей Вселенной: как показано в [**Egan and Lineweaver, 2009**], он на 20 порядков превышает суммарную энтропию всей остальной Вселенной. Температура на горизонте событий этих черных дыр практически равна абсолютному нулю, оказываясь заведомо *ниже* температуры Космоса (2.72 К).

- [Poplawski, 2011]** Nikodem J. Poplawski. On the mass of the Universe born in a black hole. ArXiv:1103.4192v1 [astro-ph.CO] 22 Mar 2011
- [Shulman, 2006]** M.H.Shulman. Paradoxes, Logics, and Physical Nature of Time. Available at: http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/Origin.pdf (in Russian)
- [Shulman, 2007]** Cosmology: a New Approach. Available at:
http://www.timeorigin21.narod.ru/eng_time/Cosmology.pdf (English version)
http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/New_approach.pdf (Russian version)
- [Shulman, 2009]** M.H. Shulman. Time, entropy, and Universe. Available at:
http://www.timeorigin21.narod.ru/eng_time/Time_and_entropy_eng.pdf (English vers.)
http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/Time_and_entropy_rus.pdf (Russian version)
- [Shulman, 2010]** M.H. Shulman. Universe expansion and main spectral peak of CMB. Available at:
http://www.timeorigin21.narod.ru/eng_time/Main_peak_eng.pdf (English version)
http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/Main_peak_rus.pdf (Russian version)
- [Shulman, 2011]** M.H. Shulman. Time origin and Universe uniform expanding. Available at:
http://timeorigin21.narod.ru/rus_time/Universe_expansion_rus.pdf (Russian version)
http://timeorigin21.narod.ru/eng_time/Universe_expansion_eng.pdf (English version)
- [Smolin, 1994]** Lee Smolin. The fate of black hole singularities and the parameters of the standard models of particle physics and cosmology, arXiv:gr-qc/9404011v1 7 Apr 1994.
- [Weinberg, 1972]** Weinberg S., Gravitation and Cosmology: Principles and applications of the General Theory of Relativity, John Wiley and Sons, Inc., 1972. Русский перевод: С. Вейнберг. Гравитация и космология. Принципы и приложения общей теории относительности. "Мир", Москва, 1975.