

ОБ ОЧЕНЬ ПОЗДНЕЙ ВСЕЛЕННОЙ

М.А.Марков

*Институт ядерных исследований РАН
117334, Москва, Россия*

Поступила в редакцию 3 июля 1992 г.

В случае существования предельной кривизны, состояние очень поздней закрытой Вселенной должно представлять собой начальное состояние очень ранней Вселенной, но в отличие от исходной ранней Вселенной она должна неизбежно распасться на множество Вселенных.

До настоящего времени теоретически рассматриваются различные модели очень ранней Вселенной и, главным образом, последовательно тот отрезок ее истории, который характеризуется инфляционным процессом ¹. Если речь идет о закрытой Вселенной, то в конце-концов расширение Вселенной должно замениться ее сокращением, ведущим к коллапсу. Ни одна из известных моделей ранней Вселенной не ведет автоматически к процессу, сменяющему инфляцию на антиинфляцию при сокращении Вселенной. Под антиинфляцией мы понимаем процесс, повторяющий в обратном во времени порядке фазы процесса инфляции.

В процессе коллапса возникают различные возмущения, радикально меняющие метрику. Модели очень ранней Вселенной физически представляют собой распад некоей первичной материи в фазе деситтерообразной метрики в дальнейшем во все многочисленные частицы (поля), скажем Вселенной Фридмана.

Если на каком-то этапе очень поздней Вселенной где-то недалеко от классической сингулярности она должна превратиться в форму начальной Вселенной, то все виды материи Вселенной Фридмана должны превратиться опять в какую-то первоматерию, в которой исчезло бы все различие форм материи, то кажется для этого был бы естественен процесс образования черных дыр при больших плотностях очень поздней Вселенной. При образовании черных дыр исчезает все различие частиц и полей фридмановской фазы Вселенной.

Эти соображения позволяют полагать, что и в процессе инфляции первоматерия может быть, скалярным полем, квантом которого является элементарная черная дыра (максимон) или просто газом черных дыр.

В дальнейшем при рассмотрении очень поздней Вселенной целесообразно, как мы увидим, использовать классическую, скажем, игрушечную модель, которая описывала бы случаи инфляции и антиинфляции симметричным образом^{2,3}. Она окажется полезной для выяснения проблем очень поздней Вселенной. Речь идет о модификации *ad hoc* правой части уравнения Эйнштейна. Для гидродинамического случая изотропной метрики имеем

$$(\dot{a}/c)^2 + 1 = \frac{8\pi a^2 k_0}{3c^2} [\rho(1 - \rho^2/\rho_0^2) + \Lambda'(\rho^2/\rho_0^2)], \quad (1)$$

где a – масштабный фактор, k_0 – гравитационная константа, ρ – плотность материи (пыль), ρ_0 – константа, ограничивающая значение максимальной плотности материи, Λ' – константа:

$$\Lambda' = \Lambda^0 \frac{3c^2}{8\pi k_0}.$$

Здесь Λ^0 – так называемый ”лямбда-член” уравнения Эйнштейна.

Это уравнение описывает осциллирующую, скажем, ”игрушечную” классическую Вселенную, непрерывно осциллирующую между a_{min} и a_{max} . Развитие этой Вселенной регулируется законом

$$\frac{\rho(\rho + \rho_0)^3}{|\rho_0 - \rho|} = \frac{M_0 \rho_0^2}{2\pi^2 a^3},$$

где M_0 – голая масса закрытой Вселенной.

Возьмем в цифрах такую игрушечную классическую Вселенную, в которой критическая (максимальная) плотность $\rho_0 = 10^{22}$ г/см³, $\Lambda'/\rho_0 = 2$, $M_0 = 10^{55}$ г, $\Lambda_0 = 10^{-6}$ см². В этом случае вычисления для a_{min} дают значение

$$a_{min} \sim 10^3 \text{ см},$$

точнее

$$a_{min} = 10^3 (1 + m_0/M_0) \text{ см}, \text{ где } m_0 \sim \rho_0 a_{min}^3,$$

то есть

$$a_{min} = 10^3 (1 + 10^{-31}) \text{ см}.$$

Если отважиться для классического уравнения (1) взять ρ_0 составленное из мюрих констант \hbar , c , k_0 , то есть

$$\rho_0 = c^5/\hbar k^2 \sim 10^{94} \text{ г}$$

$$\Lambda^0 \sim 1/l_{pl}^2$$

$$l_{pl} = \sqrt{\hbar k_0/c^3}$$

$$M_0 = 10^{55} \text{ гр},$$

то в этом случае

$$a'_{min} = l_{pl} (1 + m_{pl}/M_0) \sim 10^{-33} (1 + 10^{-60}) \text{ см}.$$

Два поучительных обстоятельства дает рассмотрение данной игрушечной модели: сингулярность в такой Вселенной отсутствует и при a_{min} в точке отскока начинается новая инфляционная фаза игрушечной Вселенной.

1. При отскоке очень поздней Вселенной сохраняется значение голой массы закрытой Вселенной M_0 . А так как в случае расширения и сжатия реальной Вселенной ее энтропия (температура) возрастает, то есть от осцилляции к осцилляции должно возрастать M_0 , то такая однородная изотропная модель очень поздней Вселенной неприемлема.

Что-то должно произойти в процессе коллапса очень поздней Вселенной, чтобы решалась проблема роста энтропии в дальнейшей судьбе Вселенной и как оказывается для этого есть естественные серьезные основания. Действительно, нами взят идеализированный случай однородной и изотропной Вселенной. В такой Вселенной неизбежны возмущения плотности материи. Другими словами, в каких-то областях очень поздней Вселенной может раньше чем в других возникнуть критическая плотность, требующая прекращения коллапса и возникновения состояния ранней Вселенной. Не значит ли это, что Вселенная должна распасться вследствие возмущений на большое количество Вселенных со своими M_0 . На этом пути в принципе возможно решение проблемы роста энтропии.

2. Очень поучительным является то свойство рассматриваемой модели, что место отскока (a_{min}) оказывается практически *одним и тем же для всех Вселенных* с $M_0 \gg m_{pl}$.

Напомним в случае планковских размеров

$$M_0 > 10^{55};$$

$$a'_{min} = l_{pl}(1 + m_{pl}/M_0) = 10^{-33}(1 + 10^{-60}) \text{ см}, \quad (2)$$

a_{min} представляет собой с одной стороны конечные размеры очень поздней Вселенной и в то же время значения, характеризующие начальные данные новой Вселенной после отскока. Другими словами, вся память о прежней Вселенной заключена в члене m_{pl}/M_0 и сохранение памяти о прежней Вселенной имеет смысл, если *физически различимы* длины очень близкие к планковской длине, то есть

$$l = 10^{-33} \text{ см} \quad \text{и} \quad l = 10^{-33}(1 + 10^{-60}) \text{ см}.$$

Мыслим опыт измерения длин с помощью микроскопа Гейзенберга. Измерение расстояний меньше планковских требует квантов соответствующих длин волн $\lambda \ll l_{pl}$. Но кванты света такой длины видимо представляют собой уже элементарные черные дыры планковского радиуса и дальнейшее уменьшение длины волны ведет к увеличению массы и размеров черной дыры, перекрывающих планковские размеры измеряемого объекта. Можно принять а priori, что размеры длин, меньше или порядка планковских "просто не существуют"²⁾. Таким образом, подвергая сомнению возможности различения указанных длин мы подвергаем сомнению детерминистическое описание очень поздней Вселенной, с которым связано сохранение M_0 в классической модели. Это значило бы, что возрожденная после коллапса новая Вселенная имела бы непредсказуемые параметры в духе известных соображений Уилера (Beyond the End of Time), ⁴.

²⁾Физический смысл этой возможности обсуждается в ⁶

3. Среди возмущений очень поздней Вселенной наиболее опасны связанные с реализацией казнеровских решений и вообще решений со свободным гравитационным полем. Здесь есть возможность избежать сингулярности, если эти возмущения сведутся к рождению новой материи, которая лишь увеличит неоднородность плотности материи в данной модели.

Возвращаясь к нашей игрушечной модели следует подчеркнуть, что идея асимптотической свободы гравитационных взаимодействий главная черта этой модели. Как известно, имеется надежда решить проблему сингулярности изменяя левую часть уравнения Эйнштейна. Например, написав лагранжиан в форме:

$$L = \int L'(/G\pi k)(R + \beta R^2 + \dots)\sqrt{-g}dx^4.$$

В.Мальцев⁵ преобразовал в соответствующих уравнениях левую часть в обычную форму. Тогда в правой части уравнения возникло T_0^0 в форме

$$T_0^0 = \epsilon(1 - \epsilon/\epsilon_0 + \dots) = \epsilon k_0 f(\epsilon/\epsilon_0),$$

теперь $k_0 f(\epsilon/\epsilon_0)$ играет роль гравитационной константы, стремящейся к нулю с ростом плотности энергии ϵ . В статье³ нами был взят пример для f в виде

$$f = (1 + \epsilon/\epsilon_0)^{-2} \simeq (1 - \epsilon/\epsilon_0 + \dots).$$

Не исключено, что наша игрушечная модель содержит существенные реальные черты будущей космологии. Здесь имеется в виду существование предельной плотности материи и идея асимптотической свободы,

-
1. А.Д.Линде, Физика элементарных частиц и космология, М.: Наука, 1990.
 2. М.А.Марков, Письма в ЖЭТФ **36**, 213 (1982).
 3. М.А.Марков, В.Ф.Муханов, *Nuovo Cimento* **86**, B97 (1985).
 4. J.A.Wheeler, In: *Gravitation*, Misner C., Thorne K., Wheeler J.A. 1973.
 5. В.Мальцев, Доклад на англо-советском семинаре, 14 мая 1990 г.
 6. М.А.Марков. О возможном полном нарушении детерминизма в поведении гравитационного коллапса вблизи сингулярности. *Proceedings of the First A.D.Sakharov Int. Conf. on Physics* (1991) (будет опубликовано).