

О феномене старейших реликтовых фотонов

(Обновлено 22.04.2010)

На основе новой космологической модели предсказывается существование реликтовых фотонов, повторно облетающих (замкнутую) Вселенную, и объясняется поведение корреляционных спектров реликтового излучения в области $l < 10$.

1. Введение

Начиная с 1997 г. разрабатывается новая космологическая модель [Shulman, 2006, 2007a, 2007b, 2007c, 2007d], названная теорией шаровой расширяющейся Вселенной (ТШРВ). Согласно ей, наша Вселенная представляет собой расширяющуюся 3-мерную сферическую поверхность в 4-мерном (и притом чисто евклидовом) континууме. Универсальной мерой времени в модели является непосредственно (и исключительно) радиус 4-мерного шара, поэтому возраст Вселенной строго пропорционален этому радиусу. Теоретические предпосылки модели и целый ряд результатов, отличающих ее от общепринятой версии, подробно рассмотрены в упомянутых публикациях.

Новая модель позволяет решить целый ряд общеизвестных космологических проблем (существование предельной скорости, горизонта и флэтности Вселенной, космологической постоянной, дипольной анизотропии реликтового излучения), а также сделать некоторые новые предсказания, которые могут быть проверены путем сравнения с реальными астрофизическими наблюдениями. В частности, она дает возможность количественно описать эффект пониженной яркости вспышек сверхновых звезд без использования космологической константы [Shulman, 2007c], что, в свою очередь, ставит под сомнение представления об ускоренном расширении Вселенной в настоящую эпоху.

Новые модельные представления позволили одному из нас (G. R.) предсказать еще один возможный феномен. Оказывается, самые “старые” реликтовые фотоны за 13,7 млрд. лет расширения Вселенной успевают совершить “кругосветное” путешествие и снова появиться в той части небосвода, в которой мы могли бы их видеть в раннюю эпоху существования Вселенной, если бы мы и Земля тогда существовали. Указанный феномен может объяснить некоторые особенности автокорреляционного спектра реликтового излучения.

2. Суть эффекта

В модели ТШРВ физически неподвижным телам соответствует “дрейф” точки 3-мерной поверхности (Вселенной) вдоль 4-мерного радиуса расширяющегося шара. При этом 3-мерные расстояния между различными “неподвижными” точками возрастают в точности по закону Хаббла, а угол Θ между отвечающими им 4-радиусами остается постоянным.

Когда же речь идет о движущихся телах, то при расширении Вселенной наряду с возрастанием 4-радиуса изменяется и указанный угол Θ . В предельном случае движения со скоростью света изображающая точка – при возрастании радиуса r на величину dr – также возрастает на величину dr и поэтому смещается на угол $d\Theta = dr/r$ (см. рис. 1). Интегрируя, находим, что при возрастании радиуса

Вселенной от значения r_1 до r_2 фотон, движущийся со скоростью света, перемещается на угол

$$\Theta = \ln(r_2/r_1)$$

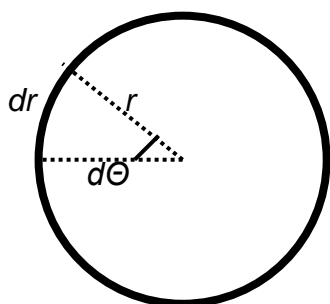


Рисунок 1

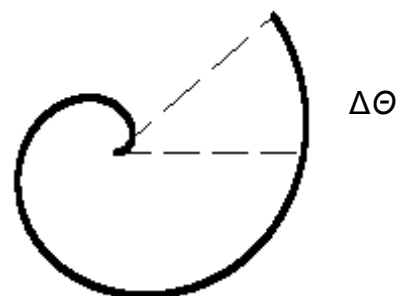


Рисунок 2

Остается выяснить, какова реальная величина Θ , соответствующая текущему возрасту Вселенной 13.7 млрд. лет и моменту, начиная с которого фотоны смогли свободно путешествовать. Учитывая, что “поверхности последнего рассеяния” отвечает красное смещение $z \sim 1100$, найдем, что $\ln(r_2/r_1) = 7.00$, так что “перекрытие” по (возрастающему) периметру Вселенной оказывается равным (см. рис. 2):

$$\Delta\Theta = 7.00 - 6.28 = 0.72 \text{ (рад)},$$

или примерно 41° . Иными словами, наиболее “старые” свободно путешествующие по Вселенной фотоны, подобно Магеллану, возвращаются к нам с противоположной стороны небосвода (это эквивалентно дополнительной интенсивности потока фотонов в соответствующих точках небосвода).

3. Проявление эффекта и обсуждение результатов

Можно ли проверить существование такого эффекта? Современная астрофизика располагает экспериментально полученным автокорреляционным спектром температуры реликтового излучения (см. данные космического зонда WMAP на рис. 3). Он показывает степень корреляции между температурой различных участков небосвода в зависимости от размера этих участков. Точнее, аргументом этой функции является мультипольный момент с номером $\ell = \pi/\theta$, где θ – угловой размер участка. Наибольшему пику зависимости на рис. 3 соответствует $\ell \sim 200$, т.е. угловой размер поверхности последнего рассеяния порядка 0.6° , “видимый” в настоящую эпоху (см. рис. 3).

Как было отмечено (см. рис. 2), угловое перекрытие для старейших фотонов $\Delta\Theta$ составляет до 0.72 рад (41°). Такому угловому размеру должен соответствовать мультипольный момент $\ell \sim 3.14/0.72 = 4.4$. Теоретическая кривая для $\ell < 25$ отвечает так называемому плато Сакса-Вольфа и представляет собой участок, близкий к плоскому. Однако на рис. 4 (начальный участок спектра) отчетливо заметны несколько экспериментальные максимумов в районе $\ell \sim 3 \div 7$ (авторы [Dunkley et al., 2008] представляют несколько вариантов обработки данных).

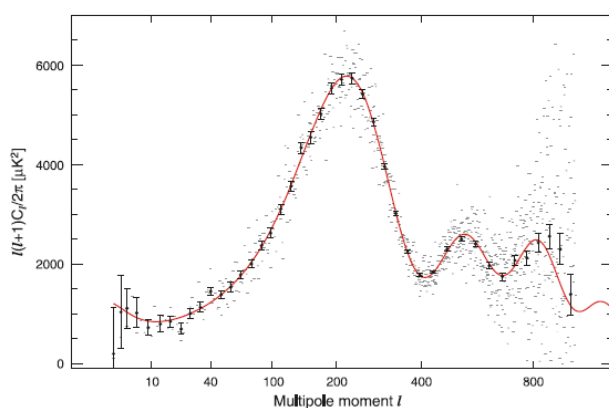


Рисунок 3 [Dunkley et al., 2008]

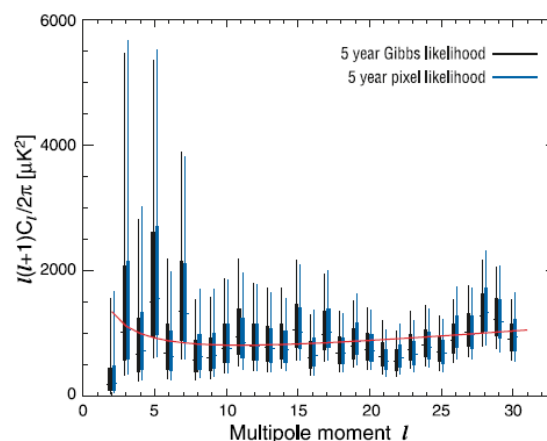


Рисунок 4 [Dunkley et al., 2008]

Наряду с автокорреляционным спектром *температуры*, экспериментально измерен также спектр кросс-корреляции между анизотропией температуры и *E-модой поляризации* реликтового излучения (экспериментальные данные WMAP приведены на рис. 5, 6). Видно, что эти графики при $l \sim 3 \div 7$ обладают свойствами, близкими к свойствам графиков на рис. 3, 4.

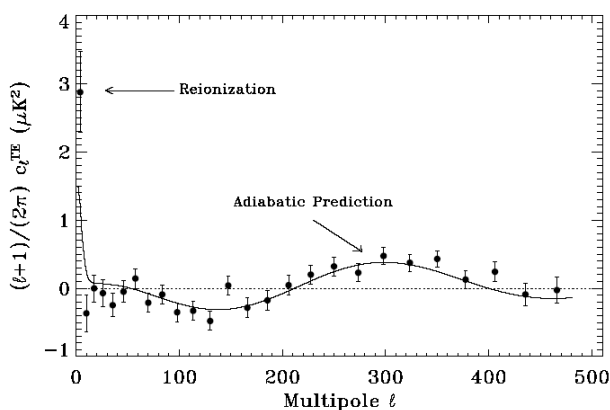


Рисунок 5 [Spergel et al., 2003]

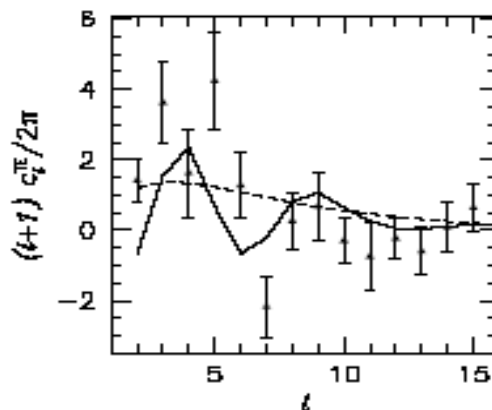


Рисунок 6 [Spergel et al., 2003]

На рис. 5, 6 линиями показаны также предсказания теоретических моделей. При этом отмечается, что экспериментальная зависимость заметно расходится с теоретическими предсказаниями в области $l < 20$. Данный факт принято объяснять с помощью гипотезы о наличии ионизованной среды в промежутке между современной эпохой и эпохой при $z \sim 20$, однако это сильно усложняет гипотетический закон изменения степени ионизации во Вселенной. Отмечается также, что значения статистического критерия правдоподобия χ^2 для использованных теоретических моделей недопустимо велики и соответствуют вероятности их принятия, не превышающей всего лишь нескольких процентов.

По нашему мнению, феномен старейших реликтовых фотонов, повторно огибающих Вселенную, дает более правдоподобное объяснение вышеописанным особенностям спектров реликтового излучения.

4. Сравнение с Λ CDM-моделями

Интересно сравнить предсказания с ТШРВ с тем, что говорит об этом стандартная Λ CDM-модель. Последняя предсказывает (см. [Palash, 1999]), что зависимость между достигнутой степенью расширения вселенной $y=a/a_0$ и безразмерным временем H_0t , прошедшим с момента Большого взрыва, дается соотношением

$$H_0t = \int_0^{y(t)} \frac{dx}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{x} - 1\right)\Omega_m + (x^2 - 1)\Omega_\Lambda}}$$

Здесь $a(t)$ – размер Вселенной в момент времени t , индекс “0” обозначает современные значения размера a и постоянной Хаббла H , так что $y(t_0) = 1$. Параметры Ω_m и Ω_Λ обозначают относительные плотности материи и Λ -компоненты. Результаты численного интегрирования представлены на рис. 7. Как видим, для Λ CDM-модели при “оптимальных” значениях параметров ($\Omega_\Lambda=0.75$ и $\Omega_m=0.25$) безразмерный возраст Вселенной H_0t также практически равен 1.

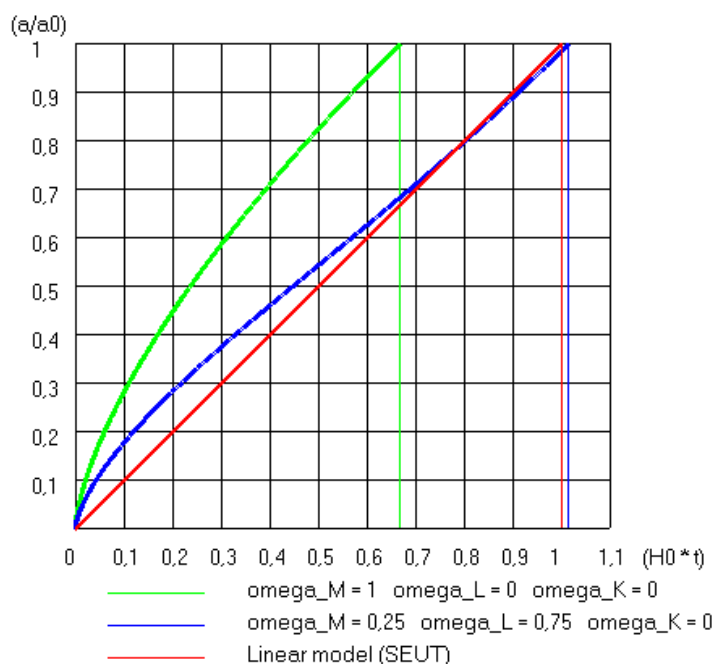


Рисунок 7

С другой стороны, “полный угол облета Вселенной” для любой модели можно записать в виде

$$\Theta = \int_0^t \frac{cd\tau}{a_0 y(\tau)}$$

При численных расчетах этот интеграл можно заменить суммой

$$\Theta(H_0t) = (c/a_0)/H_0 \sum_0^t [\Delta(H_0\tau)/y(H_0\tau)]$$

где суммирование должно вестись по последовательным (достаточно малым) интервалам времени. Эти интервалы не обязательно должны быть равными между собой, практически удобнее сделать шаги равномерными по $y(H_0 t)$.

В безразмерном множителе перед знаком суммы фигурируют современные значения постоянной Хаббла H_0 (которое определяется по данным астрофизических измерений) и абсолютного размера Вселенной a_0 . Поскольку фактическая величина a_0 нам неизвестна, то этот множитель определяется моментом времени, когда отношение (a/a_0) достигает единицы в выбранной космологической модели (см. рис. 7 и табл. 1).

Таблица 1

Модель	$H_0 t_0$	$(c/a_0)/H_0$	$\Theta(H_0 t_0)$, рад
ТШРВ	1	1	7.00
Λ CDM // $\Omega_\Lambda = 0, \Omega_m = 1$	0.6672	1.4988	2.93
Λ CDM // $\Omega_\Lambda = 0.75, \Omega_m = 0.25$	1.0143	0.9859	3.42

Результаты численных расчетов угла Θ (“углового” горизонта частиц) показаны на рис. 8. Как легко видеть, для обеих версий Λ CDM-модели угол Θ нарастает по одной и той же зависимости (хотя участки этой кривой ограничены различным возрастом Вселенной).

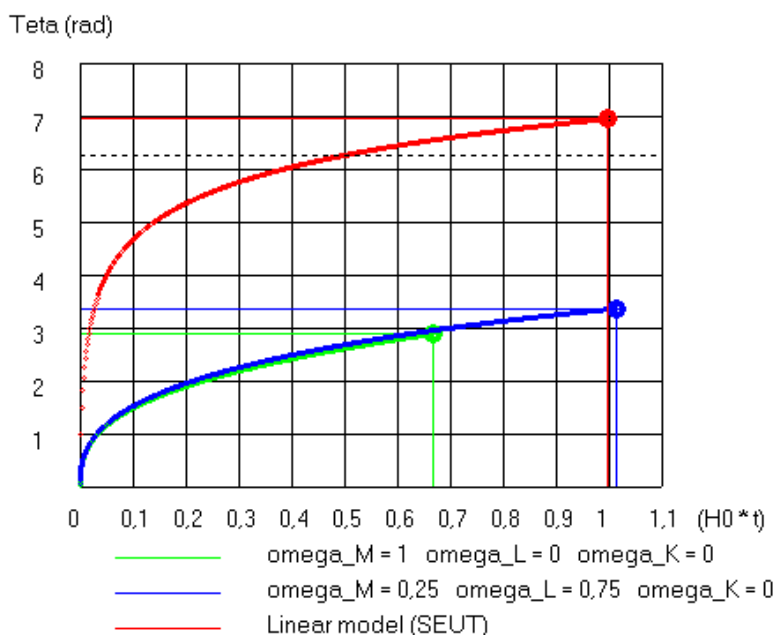


Рисунок 8

Найденные значения углов для Λ CDM-моделей практически исключают возможность проявления в их рамках эффекта старейших фотонов на спектре реликтового излучения. Только в ТШРВ конечный угол пересекает критическое значение 2π (на рис. 8 показано пунктирной линией), причем основное различие моделей проявляется в течение начального 10%-этапа времени расширения.

Библиография:

[Dunkley et al., 2008] Dunkley et al. Five-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Likelihoods and Parameters from the WMAP data. ArXiv:astro-ph/0803.0586v1 5 Mar 2008

[Palash, 1999] Palash B. Pal. *Determination of cosmological parameters: an introduction for non-specialists*. arXiv:hep-ph/9906447 v1 22 Jun 1999. Русский перевод *Определение космологических параметров: введение для неспециалистов* доступен по ссылке

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

[Shulman, 2006] Шульман М.Х. *Парадоксы, логика и физическая природа времени*. Доступно по ссылке:

http://timeorigin21.narod.ru/rus_time/Origin.pdf

[Shulman, 2007a] Шульман М.Х. *Коллапс обычный и необычный*. 2007. Доступно по ссылке: http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/Collapse.pdf

[Shulman, 2007b] Шульман М.Х. *Космология: новый подход*. Доступно по ссылке:

http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/New_approach.pdf

[Shulman, 2007c] Шульман М.Х. *О проблеме пониженной светимости сверхновых*. 2007. Доступно по ссылке:

http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/svetimost.pdf

[Shulman, 2007d] Шульман М.Х. *О реальности существования выделенной системы отсчета*. 2007. Доступно по ссылке:

http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/selected_frame_rus.pdf

[Spergel et al., 2003] D. N. Spergel et al. First Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Determination of Cosmological Parameters. ArXiv: astro-ph/0302209v3