

Вселенная без Темной Энергии и Темной материи

Ш. Барак и Э.И. Лейбович (Израиль)

Сокращенный перевод (первые два раздела) М.Х.Шульмана (shulman@dol.ru)

A Universe without Dark Energy and Dark Matter

Shlomo Barak and Elia M. Leibowitz School of Physics & Astronomy, Tel Aviv University Tel Aviv, 69978, Israel [arXiv:1003.5092v1](https://arxiv.org/abs/1003.5092v1) [astro-ph.CO] March 2010

Аннотация

Вселенная эволюционировала к нитеобразной структуре галактик и большим межгалактическим пространственным зонам, лишенным материи. Евклидова природа Вселенной показывает, что она не является трехмерным подмножеством пространства большего числа измерений. Это оправдывает наше предположение что метрика Фридмана-Робертсона-Уокера (FRW) пространства-времени эволюционирует в этих межгалактических зонах как в отдельных FRW-пространствах. Таким образом, нам не обязательно рассматривать всю Вселенную в целом. Наше допущение позволяет нам доказать, что:

- В настоящую эпоху пространство в межгалактических зонах расширяется с постоянной скоростью.
- Внутри и в окрестности галактик расширения пространства не происходит.

Используя эти результаты и обобщенную теорему Гаусса для деформированного пространства, мы показываем, что для объяснения ряда общеизвестных феноменов нет необходимости привлекать гипотетические Темную Энергию (Dark Energy – DE) и Темную Материю (Dark Matter – DM).

1. Введение

1.1 Наша идея

Наблюдения показывают, что наша Вселенная является евклидовой (плоской), т.е. ее характеризует параметр кривизны $k = 0$. В современной космологии Вселенная с положительной кривизной моделируется трехмерной сферой. При $k = 0$ радиус Вселенной в четвертом пространственном измерении $r \rightarrow \infty$ (B. F. Schutz, 2003). Это эквивалентно трехмерной Вселенной в виде части трехмерного упругого пространства без дополнительных пространственных измерений. Далее, это приводит к нашему допущению, что мы можем изучать Межгалактические Зоны (Inter-galactic Zones – IZ) без материи отдельно от намного меньших по размеру Зон, содержащих Материю (Zones with Matter – MZ), не имея дела со Вселенной как целым (E. Bertschinger, 2006).

Мы показываем, что суммарный объем IZ в 10^3 раз больше, чем суммарный объем MZ. Используя второе уравнение Фридмана, мы показываем, что пространство в IZ расширяется в нашу эпоху с постоянной скоростью, в то время как пространство в MZ не расширяется. Мы также исследуем граничную область между IZ и MZ и показываем, что здесь скорость расширения постепенно падает

до нуля. Эта граничная область возникает там и тогда, где и когда существует баланс положительного и отрицательного давлений.

В нашем обсуждении в качестве положительного выступает плотность энергии локального гравитационного поля (Gravitational Field Energy – GFE). Отрицательное давление, как мы показываем, – это плотность энергии космического микроволнового фонового излучения (Cosmological Microwave Background – CMB).

В общей теории относительности (ОТО) природа плотности гравитационной энергии ϵ_g является проблематичной. Мы, однако, рассматриваем эту величину как плотность GFE в космологической системе отсчета, в которой CMB является изотропным.

ОТО рассматривает плотность энергии CMB ϵ_{CMB} как плотность энергии электромагнитного поля, связанную с положительным давлением. Мы, однако, показываем, что в действительности ϵ_{CMB} связано с отрицательным давлением, и что это не противоречит ОТО.

В настоящее время предполагается, что пространство в нашей Вселенной расширяется повсюду однородно и изотропно (Davis et al 2003, 2007). Предполагается также, что на материальные тела в основном действуют гравитационные и электромагнитные силы, но не расширение пространства. Однако, согласно ОТО, гравитация представляет собой сжатие (искривление) пространства вокруг масс. Следовательно, разумно рассмотреть возможность того, что подобное сжатие воздействует на пространство вокруг галактик, вызывая локальное расширение и приводя к отклонениям от изотропии и однородности.

Поскольку MZ – это зоны нерасширяющегося пространства, они не вносят вклада в красное смещение. Свет от галактики с данной величиной красного смещения z проходит как через зоны IZ, так и через MZ. Следовательно, в действительности галактики удалены на большее расстояние (около 10 %), чем указывает z . Вот почему Сверхновые кажутся более тусклыми, чем ожидается. При таком подходе не требуется привлекать для объяснения этого феномена Темную Энергию.

Мы показываем, что явления, обычно ассоциируемые с Темной Энергией, являются результатом сильных деформаций пространства в областях вокруг галактик – MZ. Эти деформации вызваны сжатием пространства вокруг материи и соответствующим его растяжением в других местах.

В однородном и изотропном пространстве гравитационное поле определяется потоком, создаваемым массой M в соответствии с теоремой Гаусса. Однако в деформированном пространстве эта теорема должна быть обобщена, чтобы учесть пенообразную структуру пространства. В результате выражение для гравитационного поля перестает соответствовать закону Ньютона.

Мы выводим, используя нашу обобщенную теорему Гаусса, динамические и кинематические (Tully-Fisher) соотношения, описывающие движение небесных тел вокруг галактик, и показываем, как они учитывают уплощение орбит (flattening of Rotation Curves). Это также исключает необходимость в привлечении Темной Энергии.

1.2 Краткое содержание

- А. Мы предполагаем, что, поскольку Вселенная является Евклидовой, мы можем рассматривать межгалактические зоны (IZ) как отдельные вселенные с метрикой Фридмана-Робертсона-Уокера (FRW).

- В. Мы предполагаем, что плотность энергии $\epsilon_{\text{СМВ}}$ является отрицательной. Это противоречит общепринятому представлению, что она, подобно плотности энергии ϵ_g , отвечает положительному давлению.
- С. Основываясь на шагах А и В, мы показываем, что для зон IZ в данную эпоху величина $\ddot{a}$ - второй производной по времени от космологического масштабного фактора (CSF) a – является положительной, но приблизительно равной нулю. Следовательно, мы полагаем $\dot{a} = \text{const}$.
- Д. Основываясь на шагах А и В, мы показываем, что зон MZ и $\ddot{a}$, и $\dot{a}$ равны нулю. Таким образом, в зонах MZ пространство не расширяется и, соответственно, не вносит вклада в красное смещение.
- Е. Мы оцениваем величину отношения суммарного объема межгалактических зон (IZ) к суммарному объему зон с материей (MZ) равной 10^3 , следовательно, путь через зоны MZ составляет ~ 0.1 от пути через зоны IZ. Это влияет на вывод и расчет величины фотометрического расстояния.
- Ф. Основываясь на шагах С и Д, мы заключаем, что граница между зонами IZ и MZ возникает там и тогда, где и когда $|\epsilon_g| = \epsilon_{\text{СМВ}}$. Внутри зон MZ $|\epsilon_g| > \epsilon_{\text{СМВ}}$. Далее мы показываем, что зоны MZ представляют собой гало Темной Материи.
- Г. Основываясь на шаге С, мы выводим $H(z) = H_0 h(z)$.
- Н. Основываясь на шагах С и Д, мы выводим соотношение для фотометрического расстояния d_L .
- И. Мы строим зависимость модуля расстояния (Distance Modulus - DM) ? от логарифма z , основываясь на шаге Н. Мы вычисляем χ^2 и показываем, что он так же хорошо, как и в случае Λ CDM-модели, удовлетворяет данным по Сверхновым.
- Ж. Основываясь на шаге И, мы рассчитываем отношение суммарных объемов для зон IZ и MZ и получаем его равным $\sim 10^3$ (см. нашу оценку на шаге Е).
- К. Мы обобщаем теорему Гаусса на случай деформированного пространства. Это обобщение основано на идее, что пространство является пенообразным.
- Л. Основываясь на шаге К, мы выводим обобщенный динамический закон Ньютона и кинематические соотношения Tully-Fisher, которые описывают движение небесных тел внутри и вокруг галактик. Этот вывод не требует какой-либо гравитирующей материи, помимо наблюдаемой барионной материи.
- М. Мы показываем, что теоретические орбиты, вытекающие из соотношений шага Л, соответствуют реально наблюдаемым орбитам.
- Н. Основываясь на шагах И, Л и М, мы отказываемся от привлечения понятий Темной Энергии и Темной Материи.
- О. Наши результаты оправдывают предположения, сделанные на шагах А и В.

1.3 Темная Энергия и Темная Материя – историческая справка

Темная энергия была придумана для объяснения предполагаемого изменения скорости расширения Вселенной, а также использовалась, наряду с

Темной Материей, для объяснения евклидовости ее метрики – флатности (flatness), (Riess et al 1998, Perlmutter et al 1999). Однако Темная Энергия никогда не была окончательно идентифицирована или непосредственно наблюдаема.

Темную Материю придумали Oort (1932) и Zwicky (1933), чтобы с помощью ньютоновой физики объяснить кажущиеся отклонения от нее в поведении Млечного Пути и галактических скоплений. В семидесятых годах открытие плоских орбит внутри и вокруг галактик (Rubin and Ford 1970; Ostriker, Peebles and Yahil 1974) обеспечили поддержку идеи о Темной Материи. Однако Темная Материя никогда не была окончательно идентифицирована или непосредственно наблюдаема.

1.4 Примечания

Космологическая постоянная Λ не используется в настоящей работе.

В настоящей статье давление p связано с плотностью энергии ϵ соотношением $3p = \epsilon$. Как p , так и ϵ могут принимать и положительные, и отрицательные значения. Допускается также $\epsilon = \pm 3p$.

Дополнительные сведения о нитеобразной структуре Вселенной см. в R. Van De Weygaert and E. Platen (2009).

2. Расширение Вселенной

2.1 Расширение межгалактических зон (IZ)

Известное уравнение Фридмана для Вселенной, заполненной “идеальной жидкостью” (см. уравнение 18.10 на стр. 393 в учебнике *Relativity*, by Rindler, 2004) имеет вид

$$(1) \quad \ddot{a} = -\frac{4\pi G}{3} \left(m + \frac{3p}{c^2} \right) a$$

где a – космологический масштабный фактор (CSF), m – плотность массы во Вселенной, p – давление.

Для зон без материи IZмы полагаем $m = 0$. Давления $p_g = 1/3 |\epsilon_g|$ и $p_{сmb} = -1/3 \epsilon_{сmb}$ – это основные (хотя и не единственные) составляющие p .

$$(2) \quad p = p_g + p_{сmb}$$

В межгалактических зонах (IZ) эта величина равна нулю, за исключением их границ (рядом с массами). Заметим, что из соображений симметрии (или из факта $k = 0$) гравитационное поле в этих зонах вдали от масс равно нулю, следовательно ϵ_g также равна нулю. Однако вблизи масс $\epsilon_g \neq 0$. Таким образом, это локально определенная величина может уже рассматриваться как положительное давление (сжатие).

ОТО рассматривает энергию электромагнитных волн как вносящую положительный вклад в искривление пространства-времени, наряду с другими

видами материи. Тип давления, обусловленного ϵ_{CMB} и ϵ_g , также считается одинаковым.

Вопреки этому современному представлению, мы утверждаем, что энергия электромагнитных волн отвечает отрицательному давлению и, соответственно, вносит вклад в отрицательную кривизну пространства (растягивает его). Заметим, что обычно такой вид кривизны приписывают Темной Энергии.

Наше понимание кажется противоречащим ОТО, можно неправильно понять, что оно приводит к отклонению светового луча в направлении от массивного тела, а не к нему. Это неправильное понимание возникает, если считать фотоны независимыми частицами и, вследствие этого, источниками анти-гравитации. Однако наше предположение на самом деле не означает, что свет отклоняется от массивного тела – разумеется, свет к нему притягивается, как показывает опыт.

Эта ситуация становится более ясной, если фотоны рассматривать как волновые пакеты, а не как независимые частицы (R. Loudon, 2000). Их скорость определяется магнитной и электрической проницаемостью пространства на их пути, на который влияет присутствие больших масс. Следовательно, они отклоняются по направлению к массе, и хотя их собственный вклад в кривизну пространства – отрицательный, но он крайне незначителен.

Мы доказываем нашу точку зрения в разделе 8 статьи путем вывода правильных динамических и кинематических соотношений, управляющих движением небесных тел вблизи галактик. Таким образом, мы используем отрицательный знак для ϵ_{CMB} в выражении $3p = \epsilon$ при подстановке его в уравнение (1). Мы получаем:

$$(3) \quad \ddot{a} = \frac{4\pi G}{3} \frac{\epsilon_{\text{CMB}}}{c^2} a$$

и, таким образом, именно ϵ_{CMB} приводит к ускоряющемуся расширению Вселенной. Нас, однако, интересует современная эпоха, для которой мы располагаем данными о Сверхновых. Эта эпоха соответствует z 0 до 4.

В Λ CDM-модели космологи относят ~ 0.71 от критического значения $m_{\text{crit}} \sim 10^{-29}$ г/см³ к вкладу за счет Темной Энергии при вычислении a . Однако в уравнении (3) $\epsilon_{\text{CMB}}(\text{соврем.})/c^2 \sim 4 \cdot 10^{-34}$. Такое различие на порядки оправдывает наше предположение для современной эпохи:

$$(4) \quad \ddot{a} = 0$$

и, следовательно,

$$(5) \quad \dot{a} = \text{const}$$

т.е. скорость расширения является практически постоянной.

Заметим, что объем нерасширяющихся зон пространства (MZ) – гало Темной Материи вокруг галактик – как указано в разделе 3.2, составляет лишь малую часть полного объема сферы Хаббла, доля равна примерно 10^{-3} . Эта оценка получена в предположении, что средний радиус MZ равен 200 килопарсек, а число галактик порядка $250 \cdot 10^9$.

Таким образом, суммарный линейный размер зон составляет от суммарного линейного размера межгалактических зон (IZ) $(10^{-3})^{\frac{1}{3}} = 0.1$. Мы также показываем, что зоны MZ расширяются.

2.2 Отсутствие расширения зон MZ

Внутри и вокруг зон MZ на границе с IZ $\epsilon_g \neq 0$.

Уравнение Фридмана (1) для границы принимает вид:

$$\frac{\ddot{a}}{a} = -\frac{4\pi G}{3c^2}(3p_g + 3p_{\text{CMB}}) = -\frac{4\pi G}{3c^2}(|\epsilon_g| - \epsilon_{\text{CMB}}) \quad \text{или:}$$
$$(6) \quad \frac{\ddot{a}}{a} = \frac{4\pi G}{3c^2}(\epsilon_{\text{CMB}} - |\epsilon_g|)$$

Таким образом, пространство расширяется только там и тогда, где и когда $\epsilon_{\text{CMB}} \geq |\epsilon_g|$. На расстоянии R от центра галактики, где $\epsilon_{\text{CMB}} = |\epsilon_g|$, мы получаем $\ddot{a} = 0$, для $r < R$ мы имеем $\ddot{a} < 0$ (поскольку $\epsilon_{\text{CMB}} < |\epsilon_g|$), и $\dot{a}$ падает до нуля.

Заметим, что если при R пространство расширяется, то всюду внутри, где радиус меньше R , пространство не может сжиматься. Таким образом, $\dot{a}$ может только уменьшиться до нуля, но не стать отрицательной величиной. Пусть расстояние R_0 от центра галактики есть то расстояние, при котором вначале, на этапе формирования галактики, $\dot{a}$ было равно нулю. Со временем условие $\dot{a} = 0$ выполняется на все большем расстоянии R , поскольку величина ϵ_{CMB} уменьшается при расширении. Радиус сферы такого нерасширяющегося пространства растет со временем от R_0 до R – это гало Темной Энергии, как показано в разделе 8.

В такой эволюционирующей нерасширяющейся зоне вокруг галактики (MZ) пространство, примыкающее к галактике, является плотнее (меньшее значение a) чем пространство на большем удалении от галактики (большее значение a). Таким образом, расширение Вселенной является неоднородным и неизотропным.

Ссылки:

- Battaglia G. et al arxiv:astro-ph/0506102 v2 10 July 2005
Baugh C. M. et al The Astrophysical Journal 498:504-521 May 10 1998
Begeman K. G. et al Mon. Not. R. astr. Soc 249, 523-537 1991
Bertschinger E. arxiv:astro-ph/0604485V3 13 May 2006
Carroll B. W. and Ostlie D. A. An Introduction to Modern Astrophysics 2007
Carroll S. M. Spacetime and Geometry Addison Wesley 2004
Chandrasekhar S. Nature 344, 285 1990
Clow D. et al APJ 604 p. 596 2004
Davis T. M. and Lineweaver C. H. arxiv:astro-ph/0310808v2 November 2003
Davis et al. arxiv:astro-ph/0701510 2007
De Blok W.J.G., et al, arXiv:0810.2100v2 [astro-ph] 2008
Einstein A. Geometry and Experience (1921) Ideas and Opinions p. 232 1954
Einstein A. The Collected Papers of Albert Einstein Vol. 7 Doc. 38 p. 39
Princeton University Press 1987-2005

Famaey B. et al, [arxiv:astro-ph/0611132v2](#) 9 Feb 2007
 Feynman R. *Lectures on Gravitation* p. 136 Addison Wesley 1963
 Feynman R. *Six Not-So-Easy Pieces* p. 120 1963
 Foster J. and Nightingale T. A. *General Relativity* p. 126 2001
 Freedman et al [arxiv:astro-ph/0012376v1](#) 18 December 2000
 Frieman J.A., Turner M.S. and Huterer D., , *ARAA*, 46, 385 2008
 Granitt B. R. et al [arxiv:astro-ph/0805.3695V2](#) 10 July 2008
 Gerhard O. [arxiv:astro-ph/0203110v1](#) 7 March 2002
 Giulili D. [arxiv:gr-qc/0603087v1](#) 22 Mar 2006
 Hicken M. et al, *ApJ*, 700, 1097, 2009
 Katz J. [arxiv:gr-qc/0510092v1](#) 20 Oct 2005 / 7 Feb 2008
 Kolb E. W. [arxiv:astro-ph/0709.3102v1](#) 19 Sep 2007
 Kowalski et al. The Supernova Cosmology Project, *Ap.J.*, 2008 [[astro-ph arXiv:0804.4142](#)]
 Landau L. D. and Lifshitz E. M. *The Classical Theory of Fields* Pergamon Press 1962 p. 304
 Longair M. S. *Theoretical Concepts in Physics* Cambridge University Press 1984
 Loudon R. *The Quantum Theory of Light* 2000 p. 1 Oxford Science Publications
 McGaugh S. S., et al, *ApJ*, 2000, 533, L99
 Martinez-Dalgado D. et al, , *ApJ* 689, 184 2008
 Massey R. et al *Nature Letters* Vol 445 18 Jan 2007
 Milgrom M. *ApJ* 270, 365 1983
 Milgrom M. [arxiv:astro-ph/0801.3133](#) 2008
 Misner C. W. Thorne K. S. and Wheeler J. A. *Gravitation* 1970 Freeman and Company
 Norton J. D. *Rep Prog Phys* 56 p. 791-858 1993
 Oort J. H. *Bull. Astron Inst Netherlands* 6, 249, 1932
 Ostriker J. P. Peeble P. J. E. and Yahil A. *ApJL* 193, L1, 1974
 Perlmutter S. et al *ApJ*, 483, 565, 1997
 [arxiv:astro-ph/9608192v2](#) 25 Jan 1997
 Perlmutter S. et al *Astrophys. J.* **517**, 565 1999
 Perlmutter S. *Physics Today* April 2003
 Perlmutter S. and Schmidt B. P. [arxiv:astro-ph/0303428v1](#) 18 Mar 2003
 Riess A. G. et al *Astron. J.* **116**, 1009 1998
 Riess A. G. et al [arxiv:astro-ph/0611572v2](#) 20 December 2006
 Riess A. G. et al *The Astronomical Journal* 659:98-121 10 April 2007
 Rindler W. *Relativity* 2004 p.337, Oxford University Press
 Rubin V. and Ford W.K. *ApJ* 159, 379, 1970
 Sanders R.H. and Noordermeer E., *MNRAS*, 379, 702 2007
 Scott D. et al [arxiv:astro-ph/0104435v1](#) 26 April 2001
 Searle L. and Zinn R. *ApJ* 225,357 1978
 Tegmark M. et al *Phys Rev D* 74:183507 2006
 Van De Weygaert R. and Platen E. *Modern Physics Letters A*
 [arxiv:0912.2997v1](#) [[astro-ph](#)] 16 Dec 2009
 Zwicky F. et al *Helvetia Physica* 6, 110, 1933