

ДВУЗНАКОВАЯ ГРАВИТАЦИЯ (ДГ)

Лекция №2

Двухзнаковая гравитация. Космология

В. А. Клименко, А. В. Клименко

1 ДГ. Космологическая модель Вселенной

Согласно ДГ, Вселенная в целом симметрична по частицам и античастицам, как реальным, так и вакуумным. Их вклады в создание космологического гравитационного поля сокращаются, вследствие этого и вакуум, и Вселенная в целом, являются гравитационно нейтральными.

Космологические уравнения Фридмана для однородной изотропной Вселенной, заполненной электро и гравитационно нейтральной космической средой, являются предельно простыми:

$$\dot{a}^2 = c^2, \ddot{a} = 0. \quad (1)$$

Решения этих уравнений с граничными условиями:

$$a(t_0) = a_0, \dot{a}(t_0) = H_0 a_0, \quad (2)$$

имеют вид:

$$a(t) = ct, t_0 = H_0^{-1}, \quad (3)$$

где t_0 — возраст современной Вселенной, H_0 — постоянная Хаббла. Параметр Хаббла $H(t) = t^{-1}$.

Эти уравнения, дополненные уравнениями, определяющими условия рождения/уничтожения частиц/античастиц, не нарушающими электро- и гравитационную нейтральность космической среды, а также уравнениями описывающими её термодинамические свойства, составляют космологическую модель Вселенной, описываемую в рамках ДГ. Она значительно проще, чем современная стандартная космологическая модель, основанная на ОТО, и поэтому определяется нами как S -модель (Simple). Предполагаем, что в состав частиц и античастиц этой модели достаточно включать лишь те, которые описываются в рамках Стандартной Модели частиц.

2 Примеры использования S -модели

2.1 Плоскостность, однородность и изотропность Вселенной

В ДГ предполагается, что на космологических масштабах фактором, определяющим физико-геометрические свойства Вселенной, является безграничный однородный электро- и гравитационно нейтральный вакуум ДГ.

Согласно S -модели, на космологических масштабах в гравитационно нейтральной Вселенной имеет место равновесие сил притяжения и отталкивания и вследствие этого она расширяется равномерно. Её масштаб $a(t)$ увеличивается со скоростью света. Плотность вакуума ДГ однозначно связана с масштабом Вселенной, и во все моменты мирового времени, равна критической плотности. Трёхмерное пространство Вселенной, однородно заполненное вакуумом ДГ, является плоским.

Обычная материя, является возмущенным состоянием однородного вакуума. Условия её рождения/уничтожения во всех частях Вселенной, заполненной однородным вакуумом ДГ, одинаковы. Вследствие этого распределение обычной материи, на достаточно больших масштабах, является однородным.

Вакуум ДГ является привилегированным телом отсчёта вселенского масштаба. Система отсчета в которой записаны космологические уравнения Фридмана — это система в которой вакуум ДГ не только однороден, но и изотропен. Автоматически эти свойства вакуума переносятся и на глобальные свойства обычной материи, являющейся его возмущённым состоянием. Плоскостность, однородность и изотропность Вселенной это те её глобальные свойства, которые самосогласованно содержатся в S -модели. Плотность вакуума ДГ, во все моменты мирового времени, равна критической плотности и для этого не требуется какой-либо тонкой настройки его параметров. Согласно S -модели, для любого типичного наблюдателя, вакуум-пространство-время является единым и неделимым физико-геометрическим объектом. Геометрические и физические параметры этого объекта взаимно однозначно связаны. Нет вакуума, нет и пространства-времени и наоборот.

2.2 Динамика Вселенной в S - и Λ CDM-моделях

Основополагающие идеи, лежащие в основе S - и Λ CDM-моделей отличаются принципиально. Вследствие этого существует кардинальное различие законов изменения масштаба Вселенной $a(t)$, рассчитываемых в рамках этих моделей. Это наглядно показано на Рис. 1.

В S - модели закон изменения масштаба $a(t)$ Вселенной является предельно простым и универсальным. Он не зависит от того, как в процессе расширения Вселенной меняется состав обычной космической среды и ее физические свойства. Скорость расширения во все времена равна скорости света и определяется свойствами вакуума ДГ, являющегося основополагающей компонентой космической среды.

В S -модели предположения об однородности и плоскостности Вселенной и о физическом вакууме, как определяющем элементе космической среды, являются самосогласованными. Невозмущенный вакуум однороден. Условия зарождения и эволюции неоднородностей во всех его частях равноценны. Различия параметров неоднородностей в различных частях Вселенной носят статистический характер. Они тем меньше, чем больше размер рассматриваемых неоднородностей. На космологических масштабах Вселенная однородна и это учитывается в S - модели. В S - модели масштаб $a(t)$, с точки зрения любого типичного наблюдателя во Вселенной, это текущий размер причинно-связанной области из которой он, в принципе, может получать какую либо информацию. Для любого из них, всё что лежит внутри сферы радиуса $a(t)$ это и есть их Вселенная. В S - модели расчет изменения параметров обычной космической среды производится аналогично тому, как это делается в Λ CDM-модели. Предполагаем, что пока нет достаточных оснований для того, чтобы серьезно обсуждать, что происходило во Вселенной, когда параметры космической среды были слишком

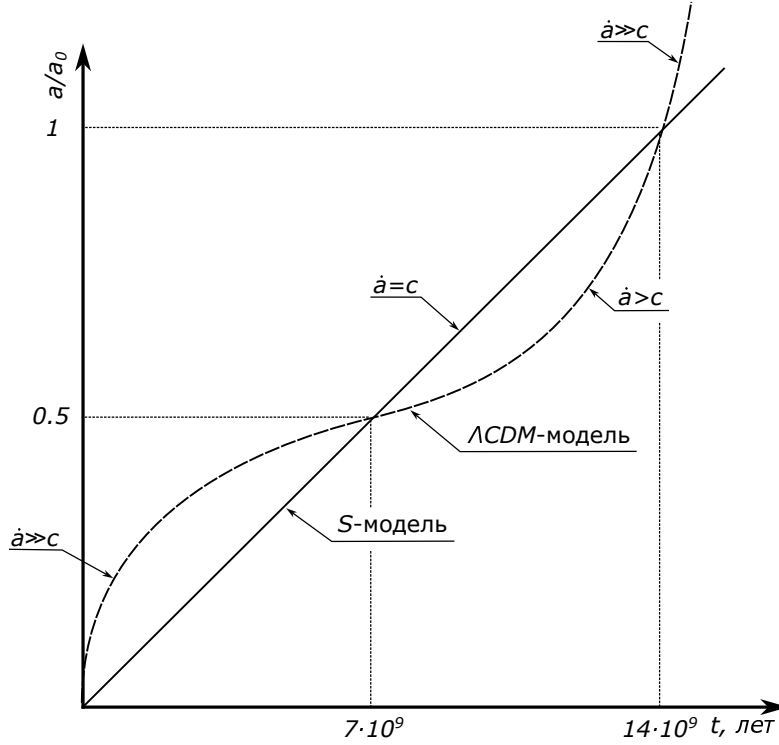


Рис. 1: Схематичное изображение графиков масштабов $a(t)$ Вселенной в S - и Λ CDM-моделях

высокими, например, энергия частиц/античастиц большими чем $10^{14} eV$. Вряд-ли пока целесообразно выходить за рамки Стандартной модели частиц. В то же время предполагаем, что в этой модели необходимо учитывать различие гравитационных свойств частиц и античастиц, как реальных, так и виртуальных [2].

В Λ CDM-модели закон изменения масштаба $a(t)$ Вселенной является сложным. Он зависит от предполагаемого состава космической среды и его изменения в процессе расширения Вселенной. Физический смысл главных компонент космической среды: гипотетических тёмной материи и тёмной энергии не установлен. Скорость расширения Вселенной может быть как угодно большой. Использование Λ CDM-модели, для объяснения наблюдений, порождает массу нерешаемых проблем[1]. В S -модели они либо отсутствуют, либо легко решаются.

2.3 О датировке событий в S - и Λ CDM-моделях

В S - и Λ CDM-моделях уравнения, описывающие зависимость величин, определяющих термодинамические свойства компонент материи, как функций от масштаба $a(t)$, одинаковы [1].

Для установления датировок событий в расширяющейся Вселенной, используется уравнение связывающее температуру излучения $T(t)$ и масштаб $a(t)$:

$$T(t) \cdot a(t) = T(t_0) \cdot a(t_0), \quad (4)$$

где t — текущее время, t_0 — возраст современной Вселенной. $T(t_0) = 2.725 K$, $t_0 = 14 \cdot 10^9$ лет. Считается, что это уравнение справедливо для любых эпох эволюции Вселенной[1].

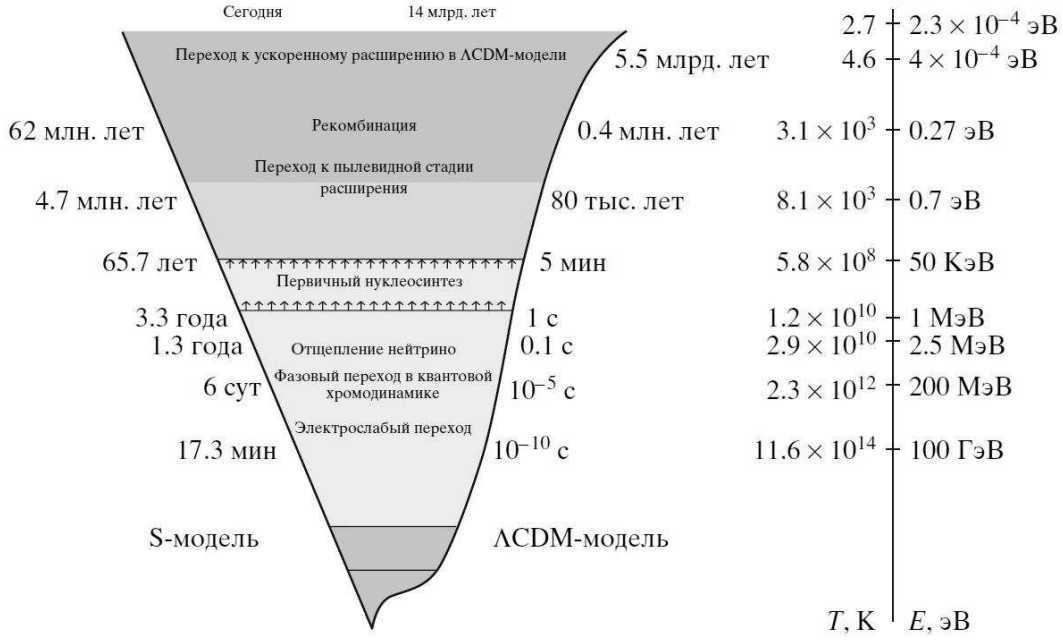


Рис. 2: Схематическое изображение динамики Вселенной, а также важнейших эпох её эволюции в S - и ΛCDM -моделях.

Удобной величиной для определения датировки эпох эволюции Вселенной является красное смещение z . Связь между z и $a(t)$ определяется формулой:

$$z = \frac{a(t_0) - a(t)}{a(t)}. \quad (5)$$

Учитывая, что в S -модели $a(t) = ct$, из (4) находим возраст Вселенной t при котором температура излучения в ней имела интересующее нас значение T :

$$t = t_0 \frac{T_0}{T}. \quad (6)$$

Используя формулу (6), определяем датировку событий, имевших место в определенном интервале температур излучения. Используя формулу (5), определяем красные смещения эпох, в которые эти события происходили.

На Рис.2 приведено сравнение датировок важнейших событий и их длительностей, рассчитанных в рамках S - и ΛCDM -моделей. Существенные отличия в виде функций $a(t)$ в этих моделях имеют место не только в ранней Вселенной, но и во все другие времена. Это, как видно из рис.2, приводит к существенному различию датировок событий и длительностей эпох, рассчитанных в рамках этих моделей, для интерпретации одних и тех же наблюдений.

В таблице 1 приведена датировка некоторых важных событий и их длительностей в S - и ΛCDM -моделях.

В заключение этого пункта отметим, что уравнения, описывающие ΛCDM -модель, переходят в уравнения, описывающие S -модель, если параметры ΛCDM -модели полагать равными:

$$\Omega_M = 0, \Omega_{rad} = 0, \Omega_\Lambda = 0, k = -1; \Omega_{curv} = 1; h = 0,67. \quad (7)$$

Время от Большого взрыва в S -модели	$T_\gamma(^{\circ}K)$	$E(eV)$	$z = \frac{a_0}{a} - 1$	Время от Большого взрыва в ΛCDM -модели
≈ 5 суток ¹	$3 \cdot 10^{12}$	$2.4 \cdot 10^8$	10^{12}	≈ 0.1 сек ²
Эпоха вымирания антибарионов				
≈ 1.3 года	$3 \cdot 10^{10}$	$2.6 \cdot 10^{10}$	10^{10}	≈ 0.1 сек
Отрыв нейтринной компоненты от барионов				
≈ 14 лет ³	$3 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^5$	10^9	≈ 1 сек
Эпоха вымирания позитронов				
$\lesssim 66$ лет	$6 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^8$	1 ÷ 5 минут
Первичный нуклеосинтез				
$< 14 \cdot 10^6$ лет	$3.1 \cdot 10^3$	0.27	10^3	$0.4 \cdot 10^6$ лет
Эпоха рекомбинации				
$14.2 \cdot 10^9$ лет	2, 7	$2.3 \cdot 10^{-4}$	0	$13.8 \cdot 10^9$ лет
Настоящее				

Таблица 1: Датировка некоторых реперных событий в S - и ΛCDM - моделях

¹ Возникновение зародышей миров и антимиров

² Отрыв тёмной материи от барионов

³ Закончилось формирование миров и антимиров.

Такой выбор значений параметров этой модели, за исключением значения постоянной Хаббла, имеет строгое обоснование в двузнаковой гравитации. Значение постоянной Хаббла и в S - и в ΛCDM -моделях берётся из наблюдений. В расчетах используем данные полученные миссией Планк [7] ($h = 0.6693 \pm 0.0062$) и приближенно считаем, что $h = 0.67$.

Замечание. Значения параметров, обычно используемые в ΛCDM - модели, не имеют под собой теоретического обоснования. Они получены в результате кропотливой работы по согласованию расчетов, полученных в рамках этой модели с различными наблюдениями. Если в космологии, вместо «подгоночных» значений параметров, в ΛCDM - модели использовать рекомендуемые нами (7), то легко убедиться, что интерпретации наблюдений становятся значительно более простыми и убедительными. Ниже покажем это на нескольких примерах, играющих в космологии важную роль.

2.4 Возраст Вселенной

Согласно S -модели, Вселенная расширяется равномерно и её возраст t_0 однозначно связан со значением постоянной Хаббла формулой:

$$t_0 = H_0^{-1}.$$

Из наблюдений следует, что значение постоянной Хаббла лежит в интервале ($67 \div 72$) км/сек Мпк. Ему в S -модели соответствуют значения t_0 , лежащие в интервале ($13.9 \div 14.9$) миллиардов лет. Это согласуется с современными представлениями о возрасте Вселенной. Возраст Вселенной зависит лишь от одного параметра, а не многих, как считается в современной космологии. Используя в ΛCDM - модели рекомендуемые нами значения параметров (7), легко получить ту же датировку возраста Вселенной, что и при использовании в этой модели множества подгоночных параметров.

2.5 Зависимость: звёздная величина-красное смещение для сверхновых типа Ia

Экспериментальные данные, касающиеся этой зависимости, содержатся в [8].

Формула, определяющая интересующую нас зависимость для стандартных свеч имеет вид:

$$m - M = 5 \lg [(1 + z)\bar{r}(z)] + 5 \lg (cH_0^{-1}/l_0). \quad (8)$$

В модели Λ CDM величина $\bar{r}(z)$ рассчитывается по формуле:

$$\bar{r}_\Lambda(z) = \frac{1}{\sqrt{\Omega_{curv}}} \operatorname{sh} \int_1^{1+z} \frac{\sqrt{\Omega_{curv}} dz'}{\sqrt{-k\Omega_{curv}z'^2 + \Omega_M z'^3 + \Omega_{rad}z'^4 + \Omega_\Lambda}}. \quad (9)$$

Подробно об этих формулах см. в [1].

Формула, определяющая величину $\bar{r}(z)$ в S -модели значительно проще и имеет вид:

$$\bar{r}_S(z) = sh [\ln(1 + z)] = \frac{z(2 + z)}{2(1 + z)}. \quad (10)$$

Она может быть получена, если в (9) подставить рекомендуемые нами значения параметров (7). На рис. 3 приведен график зависимости $(m - M)_S(z)$, рассчитанный по формуле (8) для значения $h = 0,67$. Для сравнения приведён также график $(m - M)_\Lambda(z)$, рассчитанный в рамках Λ CDM-модели для значений параметров:

$$\begin{aligned} k &= -1; \Omega_{curv} = 0; \Omega_M = 0.27, \Omega_{rad} = (4,2/h^2) \cdot 10^{-5}; \\ \Omega_\Lambda &= 1 - \Omega_M - \Omega_{rad}, H_0 = h \cdot 100(\text{км/сек Мпк}), h = 0,67. \end{aligned} \quad (11)$$

Видно следующее: S -модель, содержащая лишь один достаточно точно измеряемый параметр (постоянную Хаббла), без гипотез о тёмной материи и тёмной энергии и их параметрах, без предположения о плоскостности Вселенной и ряда других, не хуже, чем Λ CDM-модель, объясняет наблюдаемую зависимость $(m - M)(z)$ для сверхновых типа Ia.

Замечание. Впервые утверждения об определяющем влиянии тёмной энергии на динамику современной Вселенной, а также об её ускоренном (экспоненциальном!) расширении, в космологии появились при объяснении наблюдаемой зависимости $(m - M)(z)$ для сверхновых типа Ia. Нобелевская премия 2011г. Согласно ДГ, утверждение об ускоренном расширении современной Вселенной является ошибочным. Оно является следствием применения Λ CDM-модели, которая неправильно описывает глобальные свойства Вселенной. Лежащая в её основе теория гравитации содержит ряд существенных неточностей. Это мы обсуждали на первой лекции.

2.6 Первичный нуклеосинтез

Рассмотрим пример в котором замена закона изменения масштаба $a(t)$, определяемого в рамках Λ CDM-модели, на закон (3), описывающий изменение $a(t)$ в S -модели может повлиять на существующее представление о том, как происходило образование элементов в ранней Вселенной.

Согласно S -модели, расчетная длительность протекания процессов в ранней Вселенной на много порядков больше, чем длительность этих же процессов, но рассчитанных в рамках Λ CDM-модели. Предполагаем, что и результаты расчётов первичного нуклеосинтеза, с использованием S - и Λ CDM-моделей, могут заметно отличаться. Согласно стандартной Λ CDM-модели, скорость расширения Вселенной в

эпоху первичного нуклеосинтеза является сверхсветовой. Нам не кажется, что это допустимо. Считаем, что в расчётах, используемый в Λ CDM-модели закон изменения масштаба $a(t)$, необходимо заменить на физически разумный закон $a(t) = ct$, S -модели.

Согласно S -модели, первичный нуклеосинтез начался лишь приблизительно через несколько лет после Большого взрыва. При этом он протекал не в течение нескольких минут после Большого взрыва, как это считается в рамках Λ CDM-модели, а в течении нескольких десятков лет. В это длительное время, возможно, успевало происходить не только образование ядер ${}^4\text{He}$, но и синтез более тяжёлых элементов.

Надеемся, что такое исследование будет проведено специалистами, занимающимися изучением нуклеосинтеза во Вселенной и понимающих тонкости этой проблемы. Предполагаем, что, как и при исследовании глобальной динамики Вселенной, применение идей двузнаковой гравитации может выявить принципиально новые моменты в первичном нуклеосинтезе. Например, покажет, что начальное содержание металлов в звёздах первого поколения отличается от используемого в настоящее время.

2.7 Барийная асимметрия. Миры и антимирры

Проблема барийной асимметрии, является одной из важнейших в космологии.

В простом (симметричном) варианте КТП частицы и античастицы описываются совершенно равноправно и поэтому, казалось бы, должны присутствовать во Вселенной в равном количестве. Об этом, в Нобелевской лекции, еще в 1933 г, говорил П. Дирак. В хорошо изученной части Вселенной антивещество в заметных количествах

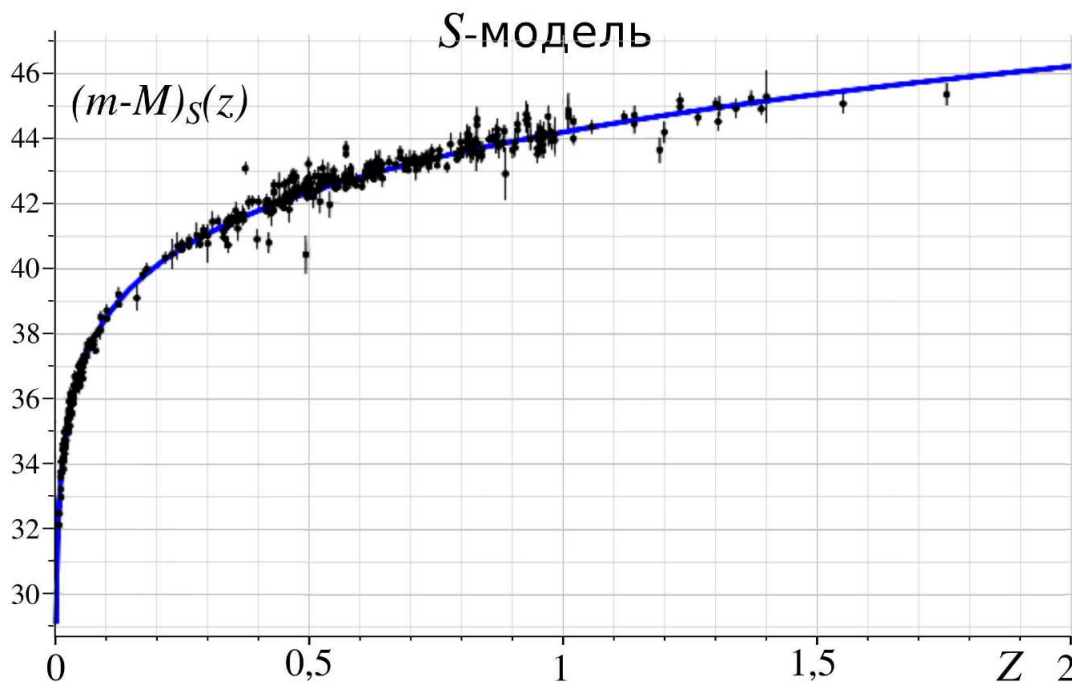


Рис. 3: Зависимость $(m - M)_s(z)$ в S -модели. Экспериментальные точки для сверхновых типа Ia взяты из [8]. Сплошная кривая получена в рамках S -модели для $h = 0,67$, штрих-пунктирная — график $(m - M)_\Lambda(z)$ получен в рамках Λ CDM-модели для значений параметров (11). Графики практически совпадают.

не наблюдается. Почему? В этом суть проблемы барионной асимметрии.

Обычно в космологии считается, что ранняя Вселенная была симметричной по частицам и античастицам, но в современной Вселенной существуют лишь частицы. Гипотетически предполагают, что симметричный по частицам и античастицам вариант КТП не в полной мере отражает реальность и требуется его уточнение. Считается, что в экстремальных условиях ранней Вселенной в процессах рождения/уничтожения частиц/античастиц возникли "лишние" барионы – приблизительно одна миллиардная часть по отношению к количеству парных барионов/антибарионов. После эпохи их аннигиляции сохранились лишь "лишние" барионы, а наблюдаемое соотношение между количеством барионов и фотонов в современной Вселенной ($10^{-10} \div 10^{-9}$) является мерой нарушения равенства между количествами барионов и антибарионов в эпоху их аннигиляции.

В рамках двузнаковой гравитации может быть дано альтернативное, к существующему в современной космологии, объяснение проблемы барионной асимметрии. Показано, что в ранней Вселенной, в эпохи красных смещений $z > 10^9$, вследствие антитяготения между частицами и античастицами, на достаточно больших масштабах, существовал регулярный механизм роста флуктуаций с избытком частиц и флуктуаций с избытком античастиц. Он заключался в следующем. Тепловые флуктуации повышенной плотности частиц создавали локальные гравитационные поля. Они втягивали в себя частицы и выталкивали античастицы. Это создавало экспоненциальный рост в этих флуктуациях избытка частиц. Симметричный процесс имел место в флуктуациях повышенной плотности античастиц.

В эпоху аннигиляции барионов/антибарионов амплитуда этих флуктуаций была приблизительно равной ($10^{-10} \div 10^{-9}$). После барионной аннигиляции, во Вселенной образовались области состоящие лишь из барионов, с соответствующим им избытком электронов над позитронами, и области состоящие только из антибарионов, с соответствующим им избытком позитронов над электронами. Позже, после аннигиляции электрон-позитронных пар, эти области превратились в миры и антимирры. Возникло наблюдаемое в нашем Мире соотношение между количеством барионов и фотонов.

Чтобы предлагаемое объяснение наблюдаемой барионной асимметрии соответствовало реальности, считается, что наш Мир возник из флуктуации первоначально содержащей в себе приблизительно 10^{88} барионов/антибарионов, а после аннигиляции барион-антибарионных пар в области этой флуктуации остались лишь барионы в количестве приблизительно 10^{79} штук. Число 10^{79} по порядку величины совпадает с величиной $\frac{e^4}{G^2 m^2 M^2}$, где G – гравитационная постоянная, e – заряд, а m – масса электрона, M – масса протона. Это совпадение, по-видимому, не является случайным, а является указанием на то, что распад Вселенной на миры и антимирры определялся не только действием сил гравитации, но и электромагнитных сил.

Согласно ДГ, наблюдаемая барионная асимметрия не является глобальной. Мы находимся во Вселенной, состоящей из множества миров и такого же множества антимиров. В статье [6] более подробно описано как миры и антимирры, зарождались во Вселенной и как, являясь самыми крупными её структурными элементами, «вмороженными» в расширяющийся вакуум, разошлись на космологические расстояния и как при этом менялись их параметры. Высказана гипотеза о том, что уже более двадцати лет астрономы наблюдают ранние миры и антимирры и они проявляют себя как относительно яркие пятна на однородном реликтовом фоне, имеющие угловые размеры приблизительно один градус.

Миры и антимирры являются неоднородностями во Вселенной. Для любого ее типичного наблюдателя, это то, с чем он, в принципе ,может взаимодействовать и то , что доступно для экспериментов и наблюдений. Вопросы о том сколько во Вселенной миров и антимиров , каков их спектр по массам, чем антимирры в наблюдениях отличаются от миров, являются, на наш взгляд, разумными , а поиски ответов на них актуальными.

Замечание. Первая статья о мирах и антимирах была нами написана в 2013 г. Тогда ещё идея о гравитационной поляризации вакуума не присутствовала в наших работах. Сейчас (2023г.) нам понятно, что в исследованиях о распаде космической среды на области состоящие только из вещества (миры) и только из антивещества (антимирры), эта идея должна учитываться.

3 Заключение

Приведенные выше примеры удачного применения двузнаковой гравитации для решения задач , касающихся глобальных свойств Вселенной, являются стимулом для ее широкого использования в космологии. Для того, чтобы работа в этом направлении успешно продолжалась, необходимо участие в ней исследователей понимающих тонкости проблем космологии, которыми они активно занимаются . Возможно, идеи, содержащиеся в ДГ , помогут им в решении их задач и одновременно будут доказывать достоинства двузнаковой гравитации . Более подробно об использовании ДГ для решения задач космологии написано в нашей монографии и статьях, размещенных на сайте cosmoway.ru «Двузнаковая гравитация» .

Список литературы

1. Клименко А.В. Двузнаковая гравитация / А.В. Клименко, В.А. Клименко. Челябинск : изд-во Челябинского гос. университета, 2017. С. 289.
2. Клименко, А.В. I. Двузнаковая гравитация. Частицы, античастицы и гравитация / А.В. Клименко, В.А. Клименко.
3. Клименко, А.В. II. Двузнаковая гравитация. Вакуум пространство-время / А.В. Клименко, В.А. Клименко.
4. Клименко, А.В. III. Двузнаковая гравитация. Основопологающие принципы / А.В. Клименко, В.А. Клименко.
5. Клименко, А.В. IV. Двузнаковая гравитация. Космология / А.В. Клименко, В.А. Клименко.
6. Клименко, А.В. V. Двузнаковая гравитация. Миры и антимирры / А.В. Клименко, В.А. Клименко.
7. Ade P.A.R. et al. (Planck Collaboration). Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results // Astronomy and Astrophysics: journal.–EDP Sciens, 2013. 22 March (vol. 1303). P. 50–62.

8. Astier, P. The Supernova Legacy Survey: measurement of Ω_M, Ω_Λ and ω from the first year data set / P. Astier, J. Guy, N. Regnault et al. // *Astron. Astrophys. J.* 2006. Vol. 447, № 1. P. 31–48.