

ФИЗИКА

УДК 530.12: 530.145

В. Г. Кречет, С. В. Родичев, А. А. Шарц

Новый подход к проблеме происхождения и эволюции вселенной

Представляется новый подход к проблеме происхождения и движущих сил эволюции Вселенной, основанный на концепции многомерия (5-мерия) с использованием понятия вихревого гравитационного поля. Рассматриваются стадии квантового рождения Вселенной и этапы первичной и вторичной инфляции. Показывается, что на этих этапах вихревое гравитационное поле играет роль инфлатонного поля на этапе первичной инфляции и «темной энергии» при вторичной инфляции.

Ключевые слова: вихревое гравитационное поле, квантовая космология, первая и вторая инфляция, эволюция Вселенной.

V. G. Krechet, S. V. Rodichev, A. A. Sharts

A new approach to the problem of origin and evolution of the universe

A new approach to the problem of origin and driving forces of evolution of the Universe, based on the concept of multidimension (5-dimensions) with use of the notion of the vortex gravitational field is represented. Stages of the quantum birth of the Universe and stages of primary and secondary inflation are considered. It is shown that at these stages the vortex gravitational field plays the role of the inflaton field at the stage of the primary inflation and «dark energy» in the secondary inflation.

Keywords: a vortex gravitational field, quantum cosmology, first and second inflation, the Universe evolution.

Здесь предлагается новый подход к проблеме образования Вселенной и движущим силам ее эволюции, определяющим ее характер. Предлагаемый подход базируется на концепциях существования исходного 5-мерного пространства-времени и космологического вращения гравитационного поля [3, 5]. Предположение о существовании исходного 5-мерного пространства-времени с дополнительным четвертым пространственным измерением обосновано следующими факторами.

Во-первых, известные в настоящее время далекодействующие фундаментальные физические взаимодействия – электромагнитное и гравитационное, в соответствии с единой теорией гравитации и электромагнетизма Т. Калуццы, в полном, корректном и окончательном виде сформулированной Ю. С. Владимировым [1] с использованием монадного формализма, являются проявлениями 5-мерного гравитационного поля, располагающегося в 5-мерном пространстве-времени.

Во-вторых, элементарные фермионы (кварки, лептоны), из которых формируется наблюдаемая материя (атомы, молекулы, макротела), описываются дираковскими 4-х компонентными спинорами, которые также присущи как 4-мерному, так и 5-мерному пространству-времени, т. к. они являются спинорным представлением алгебры Клиффорда $S(4,1)$, соответствующей 5-мерному пространству-времени с дополнительным четвертым пространственным измерением. Отсюда следует, что число компонент N спинорной функции связано с размерностью n пространства соотношением:

$$N = 2^{\left[\frac{n}{2}\right]}, \quad (1)$$

где знак $[]$ соответствует целой части числа $\frac{n}{2}$. Поэтому при $n = 4$ и $n = 5$ имеем число компонент $N = 4$.

Таким образом, наблюдаемые далекодействующие поля фундаментальных взаимодействий и исходные частицы вещества (фермионы) являются по сути 5-мерными объектами.

Кроме того, развитая в недавнее время космология на бранах [2] также формулируется в 5-мерном пространстве-времени.

Используемая в данной работе концепция космологического вращения [4], основана на факте существования вихревого гравитационного поля, кинематической характеристикой которого является 4-мерный ротор тетрады ω^i :

$$\omega^i = \frac{1}{2} \varepsilon^{iklm} e_{ak} e_{l;m}^a \quad (i,k=1,2,3,4;a=1,2,3,4), \quad (2)$$

где e_a^i – ортонормированные векторы тетрадного репера, касательного к риманову пространству-времени, индексы i, k, l, m – относятся к мировым координатам, а индексы $a, b, c \dots$ – к локальным. Физически вектор ω^i представляет собой угловую скорость вращения тетрадного поля и определяет плотность собственного момента импульса $S^i(g)$ гравитационного поля: $S^i(g) = \frac{1}{2\alpha} \omega^i$, т. е. имеем:

$$S^i(g) = \frac{1}{4\alpha} \varepsilon^{iklm} e_{ak} e_{l;m}^a. \quad (3)$$

Формула (3) для вектора плотности собственного момента импульса (спина) гравитационного поля с точностью до преобразования дуальности совпадает с соответствующей формулой, полученной В. И. Родичевым [6].

Однородное вихревое гравитационное поле в однородном пространстве приводит к космологическому вращению [4].

Вихревое гравитационное поле обладает тензором плотности энергии-импульса $T_k^i(\omega)$, все компоненты которого пропорциональны $\frac{\omega^2}{2\alpha}$, где $\omega^2 = \omega^i \omega_i$ – квадрат угловой скорости. Этот тензор удовлетворяет локальному закону сохранения

$$T_{k;i}^i = 0, \quad (4)$$

а его компоненты давления p_i отрицательны, что приводит к нарушению сильного условия энергодоминантности $\varepsilon + 3p > 0$, а это приводит к эффекту гравитационного отталкивания. Это также видно из уравнения Ландау-Райчаудхури, описывающего динамику конгруэнций времениподобных кривых

$$\frac{dD}{dS} = -\frac{\alpha}{2} (\varepsilon + 3p) + \Lambda + 2\omega^2 - \frac{1}{3} D^2 - 2\sigma^2 + A_{;k}^k. \quad (5)$$

Здесь D – скорость объемного расширения, σ – сдвиг, $A^k = \tau_{;i}^k \tau^i$ – ускорение, τ^i – единичный времени-подобный вектор, т. е. монада, Λ – космологическая постоянная. Из этого уравнения видно, что энергия вихревого гравитационного поля $\left(\frac{\omega^2}{\alpha}\right)$, как и положительная космологическая постоянная Λ , приводит к положительному ускорению объемного расширения. Поэтому, как показано в наших работах [4] и др., вихревое гравитационное поле в космологии может играть роль «темной энергии».

В нашем подходе к проблеме происхождения Вселенной считаем, что ее первичная стадия есть квантовое состояние 5-мерной вращающейся пустой Вселенной, которая возникла в результате квантового скачка из вакуума, т. е. «Из Ничего во Время», по выражению известного космолога Алана Гуса.

Такая квантовая Вселенная обладает собственным угловым моментом (спином). Соответствующая ей 5-мерная космологическая метрика дается формулой:

$$dl^2 = -dt^2 + a^2(t)(dx^2 + ke^{2\lambda x} dy^2 + dz^2) + 2a(t)e^{\lambda x} dt dy + b^2(t)(dx^5)^2, \quad (6)$$

$$(k, \lambda - const).$$

Здесь $a(t)$ – масштабный фактор 4-мерного пространственно-временного сечения, $b(t)$ – масштабный фактор при пятом измерении, k – параметр причинности.

Когда $k < 0$, то через каждую точку пространства-времени проходит замкнутая времениподобная кривая, а когда $k \geq 0$ – замкнутые времени-подобные линии отсутствуют и причинность восстанавливается.

Угловая скорость этой первоначальной вращающейся космологической модели $\omega = \frac{\lambda}{2a(t)\sqrt{k+1}}$. Полагаем, что волновая функция $\psi(a,b)$ данной квантовой 5-мерной вращающейся космологической модели удовлетворяет уравнению Уилера–Де Витта, которое для рассматриваемой квантовой космологической модели будет иметь вид:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{4}{3x} \frac{d\psi}{dx} + E\psi = 0. \quad (7)$$

Здесь переменная $x = a^2 b = \sqrt{g}$, E – энергия рассматриваемой квантовой системы. Она пропорциональна плотности энергии $\frac{\omega^2}{\mathfrak{a}}$ вращающейся Вселенной:

$$E = 16k(k+1)(4k+3)\mathfrak{a}\hbar\omega_0^2; (\omega_0^2 = \frac{\lambda}{2\sqrt{k+1}} \sim 10^{43} c^{-1}, k > -1). \quad (8)$$

Таким образом энергия вращения полностью определяет энергетическое состояние рассматриваемой квантовой системы. Кроме того, на величину E оказывает влияние и параметр причинности k . Так при $k > 0$, т. е. когда существует причинность, $E > 0$, при $-\frac{4}{3} < k < 0$ энергия $E < 0$, а при $k < -\frac{3}{4}$ снова $E > 0$.

Корректное решение уравнения (7) с квадратично интегрируемой волновой функцией $\psi(a, b)$ существует, как показывает исследование этого уравнения, лишь, когда $E \neq 0$, т.е. когда $\omega_0 \neq 0$. Следовательно пустая 5-мерная квантовая Вселенная может родиться и существовать только при наличии у нее собственного углового момента.

Делая в уравнении Уилера–Де Витта (7) подстановку для волновой функции $\psi = x^{-\frac{2}{3}} \Phi$, это уравнение приведем к виду:

$$\frac{d^2\Phi}{dx^2} + \frac{2}{9} \frac{1}{x^2} \Phi + E\Phi = 0. \quad (9)$$

Получившееся уравнение совпадает с уравнением Шредингера для водородоподобного атома с потенциальной энергией $V(x) \sim \frac{1}{x^2}$. Множитель $\frac{2}{9}$ при ней принадлежит такому интервалу его численных значений, когда энергетический спектр водородоподобного атома непрерывен и исключается падение частицы на центр, т. е. $\Phi(0) = 0$.

Это означает, что для рассматриваемой космологической модели с собственным моментом импульса (спином) начальная сингулярность отсутствует, спин не может быть равен нулю, а квантовая Вселенная без сингулярности родилась в результате квантового скачка.

Точное решение для волновой функции Вселенной следующее:

$$\psi(a, b) = (a^2 b) K_{1/3}(\sqrt{E} a^2 b). \quad (10)$$

Здесь $K_{1/3}(a^2 b)$ – функция Макдональда порядка $\frac{1}{3}$ экспоненциально убывающая при больших значениях масштабных факторов (a, b) , т. е. при $a, b \rightarrow \infty$, что обеспечивает квадратичную интегрируемость волновой функции и существование квазиклассического предела.

Вследствие наличия квазиклассического предела данная квантовая система перейдет в состояние классической эволюции в соответствии с 5-мерными уравнениями Эйнштейна для метрики (3) с учетом того, что эволюционирующая Вселенная еще не содержит обычной материи и в ней содержится лишь однородное вихревое гравитационное поле. Таким образом, решаются 5-мерные вакуумные уравнения Эйнштейна для метрики (3), определяющие масштабные факторы $a(t)$ и $b(t)$:

$${}^5 R_k^i - \frac{1}{2} {}^5 R g_{ik} = 0. \quad (11)$$

Их решение имеет вид:

$$a(t) = ch(\omega_0 t); b(t) = \frac{1}{ch(\omega_0 t)} + \left(\frac{ch(\omega_0 t)}{sh(\omega_0 t)} \right)^n; \quad (12)$$

$$\left(\omega_0 = \frac{\lambda}{2\sqrt{k+1}} \sim 10^{43} c^{-1} \right); (n, \lambda = const).$$

Данное решение показывает, что у полученной космологической модели по трем пространственным измерениям происходит экспоненциальное расширение (1-я инфляция), а вдоль 5-ого измерения, т. е. вдоль 4-ого пространственного, происходит сжатие и предельное значение соответствующего масштабного фактора $b(t) = 1$. Таким образом, мы получили 4-мерную вращающуюся, экспоненциально быстро раздувающуюся космологическую модель, толщина которой вдоль 5-ого измерения становится равной единичной длине, за которую в данной работе принята планковская длина $l_p = \sqrt{\mathfrak{a}\hbar c} = 10^{-33}$ см, т. е. получилась космология на 4-мерной пространственно-временной мембране с планковской толщиной вдоль 5-ого измерения в соответствии с космологическими теориями на бранах.

Поэтому, с учетом полученного результата, далее мы будем рассматривать эволюцию 4-мерной вращающейся, экспоненциально раздувающейся, вследствие наличия вихревого гравитационного поля, космологической модели, расположенной на тонкой, вдоль 5-ого измерения, 4-мерной бране. В этой космологической модели причиной раздувания является вихревое гравитационное поле, которое таким образом, играет роль инфлатонного поля.

В полученной космологической модели плотность энергии $\varepsilon(\omega)$ вихревого гравитационного поля, как указывалось выше, равна $\frac{\omega^2}{\alpha}$, а энергия некоторого конечного объема модели $E \sim \varepsilon(\omega)a^3$. Но т. к.

$\omega^2 \sim \frac{\omega_0^2}{a^2}$, то $E \sim \omega_0^2 a(t)$, где $a(t) = a_0 ch(\omega_0 t)$, т. е. энергия растет в рассматриваемом периоде инфляционного раздувания по экспоненциальному закону $E \sim e^{\omega_0 t}$ вплоть до возникновения состояния неустойчивого вакуума к моменту времени $t = t_k$. При $\omega_0 \sim 10^{43} c^{-1}$ $t_k \sim 10^{-34} c$. В этот момент происходит фазовый переход и кончается эра инфляции. Во время фазового перехода и распада первоначального вакуума энергия квантовых осцилляций переходит в энергию родившихся из вакуума частиц материи новой фазы.

В результате во всем раздувшемся пространстве с вихревым гравитационным полем образовалось множество доменов новой фазы материи. Один из таких доменов с малым начальным объемом стал зародышем нашей Метагалактики – наблюдаемой Вселенной.

Естественно считать, что зародыш Метагалактики, кроме материи из родившихся частиц, мог содержать в себе и однородное вихревое гравитационное поле, оставшееся от предыдущей стадии инфляционной вращающейся космологической модели, описываемой соотношением (12), т. е. возникшая в результате фазового перехода наблюдаемая Вселенная также обладала космологическим вращением и поэтому должна описываться метрикой вращающейся однородной космологической модели, в общем случае анизотропной:

$$ds^2 = -dt^2 + a^2(t)(dx^2 + ke^{\lambda x} dy^2 + dz^2) + 2b(t)e^{\lambda x} dydt \quad (13)$$

с масштабными факторами $a(t)$ и $b(t)$.

Поскольку $a(t) \neq b(t)$, то в данной космологической модели есть сдвиг $\sigma(t)$, описываемый формулой:

$$\sigma(t) = \frac{b(ab - ba)}{a(ka^2 + b^2)}. \quad (14)$$

Угловая скорость вращения данной космологической модели дается формулой:

$$\omega = \frac{\lambda b(t)}{2a(t)\sqrt{ka^2 + b^2}}. \quad (15)$$

В рассматриваемом случае вихревое гравитационное поле, интенсивность которого определяется угловой скоростью ω в формуле (15), играет роль «темной энергии», как будет показано далее.

Будем считать, что материя новой фазы в данной космологической модели описывается тензором энергии-импульса идеальной жидкости с анизотропным давлением вследствие наличия начальной анизотропии:

$$T_{ik} = (p + \varepsilon)u_i u_k + (\pi - p)\chi_i \chi_k + p g_{ik}. \quad (16)$$

Здесь p, π – компоненты давления, u_i – 4-скорость, χ_i – вектор анизотропии, направленный параллельно вектору угловой скорости ω^i ($\chi_i \chi^i = 1; \chi_i u^i = 0; u^i u_i = -1$).

Система уравнений Эйнштейна

$$R_{ik} - \frac{1}{2} R g_{ik} = \alpha T_{ik}. \quad (17)$$

для данной космологической модели с метрикой (13) и распределением материи вида (16) имеем первый интеграл

$$a^2 b = A \sqrt{ka^2 + b^2(t)}, \quad (18)$$

где A – постоянная интегрирования. С помощью этого интеграла движения из уравнений Эйнштейна для рассматриваемой модели мы исключаем функцию $b(t)$, выразив ее через функцию $a(t)$, так что эволюция модели будет описываться одним масштабным фактором $a(t)$, определяемым из уравнений Эйнштейна (17). Соответствующее полученное решение для $a(t)$ имеет вид:

$$\ln \frac{a^2(1 + \sqrt{1 - \alpha a_0^4/a^4})}{a_0^2(1 + \sqrt{1 - \alpha})} + \sqrt{1 - \alpha} - \sqrt{1 - \alpha a_0^4/a^4} = 2Ht. \quad (19)$$

Здесь a_0 – начальное значение масштабного фактора $a(t)$, за которое можно принять начальный размер домена с новой фазой (в безразмерных единицах), из которого начала разбивается наблюдаемая Вселенная, α – параметр, определяющий начальную анизотропию – сдвиг σ_0 :

$$\sigma_0 = \frac{2H\alpha}{(1-\alpha)^{3/2}}; \left(\frac{1}{3} < \alpha < 1\right), \quad (20)$$

где H – современное значение постоянной Хаббла $H=70\text{км/с}\cdot\text{Мпк}$.

При этом для плотности энергии и компонент давления p и π получаются выражения:

$$\varepsilon = 3H^2/\alpha + \lambda^2 A^2/\alpha a^6; p = H^2/\alpha + \lambda^2 A^2/\alpha a^6; \pi = H^2/\alpha + \lambda^2 A^2/2\alpha a^6, \quad (21)$$

а постоянная A выражается через вышеприведенные параметры: $A = \alpha a_0^4$.

Здесь примечательно, что первое слагаемое в выражении для плотности энергии есть критическая плотность энергии $\varepsilon_{sp} = \frac{3H^2}{\alpha}$. Такое значение для ε_{sp} соответствует космологической модели с плоским пространственным сечением, что и подтверждается в космологических наблюдаемых данных. Но в полученном нами выражении для ε второе слагаемое убывает как $\frac{1}{a^6}$, т. е. при больших значениях $a(t)$, характерных для современной эпохи, это слагаемое пренебрежимо мало, так что у нас получается, что $\varepsilon \approx \frac{3H^2}{\alpha} = \varepsilon_{sp}$! Это находится в полном соответствии с наблюдаемыми данными.

Из формул для компонент давления p, π видно, что при больших $a(t)$ они стремятся к одинаковым значениям: $p = \pi \rightarrow \frac{H^2}{\alpha}$, т. е. материя Вселенной стремится к изотропии.

Изменение сдвига $\sigma(t)$ по мере расширения определяется в данной модели формулой

$$\sigma = \frac{2H\alpha a_0^4}{a^4(1-\alpha \frac{a_0^4}{a^4})^{3/2}}, \quad (22)$$

т. е. сдвиг уменьшается как $\frac{1}{a^4}$ при расширении Вселенной, т.е. очень быстро происходит изотропизация модели и по геометрическим параметрам.

Этот процесс изотропизации наглядно описывается формулой изменения эффективной пространственной метрики γ_{ik} :

$$\gamma_{ik} = a^2(t) \left[\text{diag}(1, 1/(1-\alpha \frac{a_0^4}{a^4}), 1) \right], \quad (23)$$

которая при больших $a(t)$ стремится к эвклидовой метрике γ_{ik}^0 : $\gamma_{ik} \rightarrow \gamma_{ik}^0 = a^2(t) [\text{diag}(1, 1, 1)]$. Таким образом, рассматриваемая космологическая модель быстро изотропизируется, как по своим геометрическим характеристикам, так и по свойствам содержащейся в ней материи, что соответствует современным наблюдаемым данным.

Обращаясь к формуле (19), определяющей изменение масштабного фактора $a(t)$ со временем от начала $t = 0$ до как угодно больших его значений $0 \leq t < \infty$, т. е. эволюции Вселенной во времени, мы увидим, что эта формула правильно, единым образом описывает эволюцию наблюдаемой Вселенной во всех ее периодах с их уже установленными характерными особенностями.

В самом деле, для начального периода при малых временах $Ht \ll 1$ из (19) имеем:

$$a(t) \approx a_0 \left(1 + 2Ht / \sqrt{1-\alpha} \right)^{1/2}. \quad (24)$$

Отсюда следует, что в начале $a(t)$ возрастала $\sim \sqrt{t}$, т. е. во фридмановском режиме, в соответствии с теорией «Горячей Вселенной» и с отрицательным ускорением ($\ddot{a} < 0$).

При больших значениях $a(t)$, характерных для современной эпохи, из этой же формулы (19) можно получить соответствующую асимптотическую формулу:

$$a(t) \approx a_1 e^{Ht}, \quad (25)$$

где $a_1 = a_0 \sqrt{\frac{1-\alpha}{2}} e^{1-\sqrt{1-\alpha}} = const$, т. е. получается экспоненциальный закон расширения Вселенной (вторая инфляция) с положительным ускорением, опять таки в соответствии с современными космологическими наблюдениями.

Этот экспоненциальный закон расширения при больших временах вызван влиянием вихревого гравитационного поля, тензор энергии-импульса которого, как указывалось выше, обладает свойствами материи с отрицательным давлением, приводящим к нарушению сильного энергетического условия.

В результате у нас получилось, что вихревое гравитационное поле, учитываемое в представленном сценарии происхождения Вселенной и ее эволюции, в период первой инфляции играет роль инфлатонного поля, а на стадии эволюции наблюдаемой Вселенной играет роль «темной энергии».

С учетом всего вышеизложенного, представленный здесь космологический сценарий согласуется со всеми установленными характерными этапами эволюции Вселенной и со всеми современными наблюдаемыми космологическими данными и описывает всю эволюцию Вселенной на основе современных представлений о свойствах материи, избегая гипотез о новых видах материи, таких как инфлатонное поле и «темная энергия».

Библиографический список

1. Владимиров, Ю. С. Размерность физического пространства-времени и объединение взаимодействий [Текст] / Ю. С. Владимиров. – М. : Изд. МГУ, 1987.
2. Грин, Б. Элегантная Вселенная [Текст] / Б. Грин. – М. : Изд. URSS, 2013.
3. Кречет, В. Г. Геометрические и физические эффекты в 5-мерной геометрической модели гравитационно-электро-слабых взаимодействий [Текст] / В. Г. Кречет // Известия ВУЗов. Физика. – 2005. – №3. – с. 3–6.
4. Кречет, В. Г. Кручение пространства-времени и космологическое вращение [Текст] / В. Г. Кречет // Известия ВУЗов. Физика. – 1985. – №12. – с. 57–61.
5. Кречет, В. Г. Топологические и астрофизические эффекты вращения и спина в общерелятивистской теории гравитации [Текст] / В. Г. Кречет // Известия ВУЗов. Физика. – 2007. – №10. – с. 1021–1025.
6. Родичев, В. И. Теория тяготения в ортогональном репере [Текст] / В. И. Родичев. – М. : Наука, 1974.

Bibliograficheskiy spisok

1. Vladimirov, Ju. S. Razmernost' fizicheskogo prostranstva-vremeni i ob'edinenie vzaimodejstvij [Tekst] / Ju. S. Vladimirov. – M. : Izd. MGU, 1987.
2. Grin, B. Jelegantnaja Vseennaja [Tekst] / B. Grin. – M. : Izd. URSS, 2013.
3. Krechet, V. G. Geometricheskie i fizicheskie jeffekty v 5-mernoj geometricheskoj modeli gravi-jelektroslabyh vzaimodejstvij [Tekst] / V. G. Krechet // Izvestija VUZov. Fizika. – 2005. – №3. – s. 3–6.
4. Krechet, V. G. Kruchenie prostranstva-vremeni i kosmologicheskoe vrashhenie [Tekst] / V. G. Krechet // Izvestija VUZov. Fizika. – 1985. – №12. – s. 57–61.
5. Krechet, V. G. Topologicheskie i astrofizicheskie jeffekty vrashhenija i spina v obshhereljativistskoj teorii gravi-tacii [Tekst] / V. G. Krechet // Izvestija VUZov. Fizika. – 2007. – №10. – s. 1021–1025.
6. Rodichev, V. I. Teorija tjagoteniya v ortogonal'nom repere [Tekst] / V. I. Rodichev. – M. : Nauka, 1974.