$$m_q = \frac{\sigma}{F_4 \operatorname{Re} A} \sqrt{\gamma^2 F^2 (\operatorname{Re} A + 3\Omega(\omega)B_2)^2 + \beta^2 F_4^2 (k \operatorname{Re} A + \Omega(\omega)B_1)^2} \quad (26)$$

Анализ показывает, что при выборе $k=0$ и $\gamma^F \sim 1$ (этого всегда можно достичь, если константы c_f очень близки друг к другу) и с учетом малости величин ϕ_i (так что $\beta B_1 \ll M_{Pl}$) масса фермионов $m_q \sim \sqrt{\gamma^2 F^2 + \beta^2 B_1^2}$ имеет физически приемлемый (не планковский) порядок и состоит из двух вкладов – собственного ($\sim \gamma^F$) и конформного ($\sim \beta B_1$). Если же $F = 0$ (если положить все коэффициенты c_f одинаковыми, что выглядит естественно из соображений симметрии и минимизации числа свободных параметров), то собственная массовая часть исчезает, и вклад в массу оказывается чисто конформным: $m_q \cong \sigma\beta|\Omega(\omega)B_1|/2 \ll M_{Pl}$. Заметим, что он отличен от нуля при $\omega \neq -7/2$, т.е. определяется отклонением конформного веса спинорного поля Ψ от его канонической размерности. Данный вариант интересен, так как демонстрирует возможный механизм генерации масс фермионов, полностью обусловленный скалярным полем конформного фактора, что может рассматриваться как геометрический аналог механизма Хиггса в Стандартной модели.

Авторам представляется, что полученные результаты представляют интерес в рамках многомерных теорий Калуцы – Клейна, идеи и методы которых широко используются в современной теоретической физике, в частности, в контексте многочисленных струнных моделей.

Библиографический список

- Kaluza, T. Zum Unitätsproblem in der Physik / T. Kaluza // Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Berlin, Math. Phys. – 1921. – K1. – P. 966.
- Vladimirov Yu.S., Gubanov A.N. 8-Dimensional Geometric Model of Gravi-Strong Interaction / Yu.S.Vladimirov, A.N.Gubanov // Grav. and Cosmol. – 1998. – V. 4. – P. 193-198.
- Vladimirov Yu.S., Minkov A.G., 7-Dimensional geometric model of gravi-electroweak interactions / Yu.S. Vladimirov, A.G. Minkov // Grav. and Cosmol. – 1998. – V.4, N.2. – p. 103-106.
- Владимиров, Ю.С. Геометрофизика [Текст] / Ю.С. Владимиров. – М.: БИНОМ, 2005.
- Klimenkov V.A., Vladimirov Yu.S. Renormalization of Planck masses of vector bosons in the eight-dimensional geometric theory / V.A.Klimenkov, Yu.S.Vladimirov // Grav. and Cosmol. – 2004. – V.10. – P.77-82.
- Владимиров, Ю.С. Системы отчета в теории гравитации [Текст] / Ю.С. Владимиров. – М.: Энергоиздат, 1982.
- Биррелл, Н., Девис, П. Квантованные поля в искривленном пространстве-времени [Текст] / Н. Биррелл, П. Девис. – М.: Мир, 1984.
- Владимиров, Ю.С. Размерность физического пространства-времени и объединение взаимодействий [Текст] / Ю.С. Владимиров. – М.: Изд-во МГУ, 1987.

А.С. Киселев

КОСМОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА В ПЯТИМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ-ВРЕМЕНИ

В работе получен ряд решений для пятимерной изотропной космологической модели, построенной на базе ОТО. Материя, заполняющая Вселенную, представлялась в виде идеальной жидкости. Показано, что в рамках пятимерной космологии можно объяснить современные наблюдаемые данные о характере эволюции Вселенной.

Ключевые слова: пятимерная космология, эволюция Метагалактики, ускоренное расширение.

COSMOLOGICAL PROBLEM IN FIVE-MEASURED SPACE-TIME

In this work was received a number of solutions for five-dimensional isotropic cosmological model, it was constructed on the basis of General Relativity. The matter that fills the Universe is represented as an ideal fluid. It is shown that within the five-dimensional cosmology can explain the observed current data on the nature of the evolution of the Universe.

Keywords: five-measured cosmology, the Metagalaxy evolution, the accelerated expansion.

В начале XX в. на основе Общей Теории Относительности были построены модели, описывающие эволюцию наблюдаемой Вселенной, в соответствии с которыми она расширяется замедленно (с отрицательным ускорением), что согласовывалось с астрономическими наблюдениями того времени. Так же все эти модели имели начальную сингулярность. Однако, в конце XX в., в связи с развитием техники прецизионных измерений, выяснилось, что наблюдаемая Вселенная расширяется ускоренно [1, 2]. Возникает вопрос, каковы же причины этого эффекта. В данной работе изучается возможность влияния скрытых размерностей Метагалактики на ее эволюцию [3].

Рассматривается пятимерная космологическая модель однородной и изотропной Вселенной с плоской метрикой вида:

$$ds^2 = dt^2 - a^2(t)(dx^2 + dy^2 + dz^2) + nb^2(t)d\tau^2, \quad (1)$$

и условием цилиндричности по пятой координате. Метрика берется плоской ввиду того, что результаты наблюдений на настоящий момент говорят: наша Вселенная является пространственно плоской.

Параметр $n=\pm 1$ определяет физический смысл пятой координаты: если $n = -1$, то пятая компонента будет пространственной, а если $n = 1$, то – временной. Функция $a(t)$ характеризует пространственное расширение Вселенной, функция $b(t)$ – вдоль пятого скрытого измерения.

Материя, заполняющая Вселенную, представлена в виде идеальной жидкости, которая является наиболее подходящей для данного типа задач, тогда ее тензор энергии-импульса в сопутствующей системе отсчета запишется следующим образом:

$${}^5T_i^k = \begin{pmatrix} \varepsilon & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -p & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -p & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -p & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & q \end{pmatrix} \quad (2)$$

где ε – плотность энергии Вселенной,

p – давление,

q – пятая компонента тензора энергии-импульса материи, физический смысл которой пока не известен.

Скалярная кривизна пространства-времени в рассматриваемой метрике будет равна:

$$R = -\frac{6\ddot{a}}{a} - \frac{2\ddot{b}}{b} - \frac{6\dot{a}^2}{a^2} - \frac{6\dot{a}\dot{b}}{ab} \quad (3)$$

Уравнения Эйнштейна в данном случае примут следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{3\dot{a}^2}{a^2} + \frac{3\dot{a}\dot{b}}{ab} = \chi\varepsilon \\ \frac{2\ddot{a}}{a} + \frac{\dot{a}^2}{a^2} + \frac{\ddot{b}}{b} + \frac{2\dot{a}\dot{b}}{ab} = -\chi p \\ \frac{3\ddot{a}}{a} + \frac{3\dot{a}^2}{a^2} = \chi q \end{cases} \quad (4)$$

Здесь a, b, p, q, ε – неизвестные функции времени, $\chi = \frac{8\pi G}{c^4}$ – эйнштейновская гравитационная постоянная.

Следует отметить тот факт, что и скалярная кривизна, и вид полученных уравнений не зависят от параметра n , то есть для данной модели не важно, каким будет пятое измерение – пространственным или временным.

Система (4) решалась для четырех различных уравнений состояния:

1) пыли ($p=0$),

2) вакуума ($p+\varepsilon=0$),

3) излучения ($p=\frac{\varepsilon}{3}$) и

4) предельно жесткого состояния ($p=\varepsilon$)

В рамках данной задачи было получены различные решения в зависимости от конкретных уравнений состояния и предположений о характере компоненты q .

Обсудим результаты, которые получаются в предположении, что пятая компонента тензора энергии-импульса q равна плотности энергии ε . В этом случае для предельно жесткого состояния ($p=\varepsilon$) имеем, что $\varepsilon = \varepsilon_0 a^{-6}$, а также $\dot{a}b^{-1} = c_1$. Для пространственного параметра a получим уравнение:

$$\frac{dz}{\sqrt{\frac{5c_2}{12A\sqrt{z}} + 1}} = dt \sqrt{\frac{48A}{5}}$$

где $z = a^4$, $A = \frac{\chi\varepsilon_0}{3}$.

Рассмотрим предельные случаи:

если $\frac{5c_2}{12A\sqrt{z}} \ll 1$, то $a \sim t^{\frac{1}{4}}$

если $\frac{5c_2}{12A\sqrt{z}} \gg 1$, то $a \sim t^{\frac{1}{3}}$

Для излучения ($p=\frac{\varepsilon}{3}$): $\varepsilon = \varepsilon_0 a^{-4}$ и $\dot{a}b^{-1} = c_1$.

Далее, получим следующее выражение:

$$\frac{\frac{4}{3} du}{\sqrt{16 \frac{\chi\varepsilon_0}{3c_2} u^{\frac{2}{3}} + 1}} = dt$$

где $u=a^3$, здесь тоже рассмотрим предельные случаи:

если $u \ll 1$, то $a \sim t^{\frac{1}{3}}$

если $u \gg 1$, то $a \sim t^{\frac{1}{2}}$

Для уравнения состояния пыли ($p=0$): $\varepsilon = \varepsilon_0 a^{-3}$ и $\dot{a}b^{-1} = c_1$.

Из выражения

$$\frac{du}{\sqrt{\frac{8\chi\varepsilon_0}{3c_2} \sqrt{u} + 1}} = dt$$

где $u=a^2$, получаем

если $\frac{8\chi\varepsilon_0}{3c_2}\sqrt{u} \ll 1$, то $a \sim t^{\frac{1}{2}}$

если $\frac{8\chi\varepsilon_0}{3c_2}\sqrt{u} \gg 1$, то $a \sim t^{\frac{2}{3}}$

Для трех вышеперечисленных уравнений состояния – пыли ($p=0$), излучения ($p=\frac{1}{3}\varepsilon$) и предельно жесткого состояния ($p=\varepsilon$) – наблюдается следующая картина: скорость расширения Вселенной на ранних стадиях развития ($a \ll 1$) всегда меньше скорости расширения на поздних этапах ($a \gg 1$), что свидетельствует об увеличении ускорения расширения Метагалактики.

Для уравнения состояния вакуума ($p+\varepsilon=0$):

$$\varepsilon = \varepsilon_0 = const$$

и

$$\dot{a}b^{-1} = c_1.$$

А изменение масштабного фактора a зависит от того, какой была первоначальная плотность энергии Вселенной ε_0 :

при $\varepsilon_0 > 0$ получаем, что $a \sim \sqrt{sh(t)}$,

что соответствует ускоренному расширению (так называемое инфляционное решение);

при $\varepsilon_0 < 0$ получаем, что $a \sim \sqrt{\cos(t)}$,

то есть наблюдаемое сейчас расширение через некоторое время сменится сжатием, которое, в свою очередь, – снова расширением и так далее (пульсирующая Вселенная);

и, наконец,

при $\varepsilon_0 = 0$, получаем, что $a \sim t^{\frac{1}{2}}$,

то есть при нулевой начальной плотности энергии получаем замедленное расширение, соответствующее решениям Фридмана для уравнения состояния излучения. Также хотелось бы отметить интересную особенность полученного результата: если в четырехмерной модели для уравнения состояния вакуума ($p+\varepsilon=0$) положить начальную плотность энергии равной нулю, то получится тривиальное решение (параметр a будет константой), так как $\varepsilon_0=0$ соответствует отсутствию материи.

Здесь же

$$a \sim t^{\frac{1}{2}},$$

то есть скрытая пятая размерность пространства-времени может трактоваться как геометрическое описание материи Вселенной. Либо можно предложить другое объяснение: материя Метагалактики распределена только вдоль скрытого измерения.

Таким образом, видим, что скрытые размерности могут оказывать влияние на ход эволюции Метагалактики, а построенные с их учетом пятимерные модели более точно описывают современный этап развития Вселенной, чем, например, четырехмерная модель Фридмана, и предлагают другие способы описания распределения материи Метагалактики. Кроме того, согласно данной модели, характер эволюции нашей Вселенной в будущем снова может измениться.

Библиографический список.

1. <http://www.astronet.ru/>
2. <http://nedwww.ipac.caltech.edu/level5/>
3. Владимиров, Ю. С. Пространство-время: явные и скрытые размерности [Текст]. М.: Наука, 1989.