

2. Peebles. P.J.E. Principles of Physical Cosmology // Princeton Series in Physics.-1993.-Vol.24.-P.718.
- 3 Liddle A. An introduction to modern Cosmology // British Library Cataloguing.-2003.-Vol.22.-P.18-21.
4. Alexander. J.W. Topological Invariants and Links // Transactions of the American Society.-1928.-Vol.30.-P.275-306; Alexander .J.W. A lemma on a system of Knotted Curves // Proc. Nat .Acad. Sci. USA.-1923.-Vol.9.-P.93-95.
- 5.Tait. P.G. On Knots I, II ,III // Cambridge: Cambridge University Press.-1900.-Vol.1.-P.273-347. 6.W.Hu and I. Sawicki, Models of F(T) Cosmic Acceleration that Evade Solar-System Tests, Phys.Rev.-2007.-Vol.97.-P.28-40.
- 8.Vassiliev. V.A. Cohomology of knot spaces. Theory of singularities and its applications // Adv. Soviet Math.-1990.-Vol.1.-P.23-69.

УДК 834

ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНО-ПЕРИОДИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ КОСМОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ С МАКСВЕЛЛОВСКИМ ЧЛЕНОМ

Азимбай Л.К.

azimbay_lk@mail.ru

Магистрант 2 курса специальности 6М060400-«Физика», ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель – О.В. Разина

В настоящее время, в общей теории относительности существует проблема наблюдаемого ускоренного расширения Вселенной. Наша Вселенная, как всем известно, была образована в результате Большого взрыва около 13 миллиардов лет назад и с тех пор расширяется. Главным доказательством данного расширения является закон Хаббла, основанный на наблюдениях галактик, который гласит, что в среднем скорость, с которой галактика удаляется от нас, пропорциональна ее расстоянию. Астрономы измеряют эту скорость, глядя на линии в спектре галактики, которые смещаются в сторону красного цвета по мере удаления галактики. Изучение скоростей галактик привело ученых к выводу, что вся Вселенная расширяется и начинала свою жизнь как исчезающая маленькая точка. Также астрономы нашли некие доказательства невидимой темной материи, наблюдая, что для объяснения движения звезд внутри галактик необходимо что-то дополнительное. Темная и нормальная материи, будто бы, заполняют Вселенную пенистой структурой, где галактики располагаются на тонких стенках между пузырьками и группируются в сверхскоплениях, а внутренности пузырьков почти пусты в обоих видах материи. В отличие от традиционных симуляций, учет структуры привел к модели, где разные области космоса расширяются с разной скоростью. Средняя скорость расширения сопоставима с современными наблюдениями, которые предполагают общее ускорение.

Вселенная является нестационарной системой, содержащей многочисленные электродинамические подсистемы разных масштабов. Наши выводы основаны на математическом предположении [1-2].

Используем сигнатуру $(-, +, +, +)$ и единицы измерения берем так, что $8\pi G = c = \hbar = 1$.

Рассмотрим действие с максвелловским членом и g-эссенцией

$$S_{Mg} = \frac{1}{16\pi G} \int d^4x [R - F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + 2K(X, Y, \phi, \psi, \bar{\psi})], \quad (1)$$

где $F_{\mu\nu}, F^{\mu\nu}$ являются тензорами электромагнитного поля, K как некоторая функция собственных аргументов, Φ является скалярной функцией, $\psi = (\psi_1, \psi_2, \psi_3, \psi_4)^T$ есть фермионная функция и $\bar{\psi} = \psi^\dagger \gamma^0$ является ее сопряженной функцией. Здесь X и Y являются неканоническими кинетическими членами скалярного и фермионного полей.

Исследуем модель совместно с однородной, изотропной и плоской метрикой Фридмана-Робертсона-Уокера (ФРУ), которая имеет вид

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

где $a(t)$ есть масштабный фактор Вселенной, x, y, z являются безразмерными координатами.

Действие будет иметь следующий вид

$$S_{Mg} = \frac{1}{8\pi G} \int d^4x \{-3a\dot{a}^2 + a[(\dot{A}_1)^2 + (\dot{A}_2)^2 + (\dot{A}_3)^2] + a^3 K\}. \quad (3)$$

В данной работе рассмотрим действие с K в виде

$$K = \varepsilon X + \sigma Y - V_1(\Phi) - V_2(u) + \eta \Phi u, \quad (4)$$

$$X = \frac{1}{2} \dot{\Phi}^2, \quad Y = \frac{1}{2} i(\bar{\psi} \gamma^0 \dot{\psi} - \dot{\bar{\psi}} \gamma^0 \psi),$$

где $\eta = const, u = \bar{\psi} \psi$, ε и σ некоторые константы. Нужно отметить, что $\varepsilon = 1$ и $\varepsilon = -1$ соответствуют обычному и фантомному случаям. Как следствие, согласно метрике ФРУ (2), уравнения движения, соответствующие действию (3), примут следующий вид

$$3H^2 - \rho = 0, \quad (5)$$

$$2\dot{H} + 3H^2 + p = 0, \quad (6)$$

$$\ddot{A}_1 + H\dot{A}_1 = 0, \quad (7)$$

$$\ddot{A}_2 + H\dot{A}_2 = 0, \quad (8)$$

$$\ddot{A}_3 + H\dot{A}_3 = 0, \quad (9)$$

$$\varepsilon \ddot{\Phi} + 3\varepsilon H \dot{\Phi} + \eta u + V_{1\Phi} = 0, \quad (10)$$

$$\sigma \dot{\psi} + \frac{3}{2} \sigma H \psi + iV'_2 \gamma^0 \psi + i\eta \gamma^0 \psi \Phi = 0, \quad (11)$$

$$\sigma \dot{\bar{\psi}} + \frac{3}{2} \sigma H \bar{\psi} - iV'_2 \gamma^0 \bar{\psi} + i\eta \gamma^0 \bar{\psi} \Phi = 0, \quad (12)$$

$$\dot{\rho} + 3H(\rho + p) = 0. \quad (13)$$

Получив эту систему уравнений, плотность энергии и давление будут выглядеть

$$\rho = \frac{1}{2} \varepsilon \dot{\Phi}^2 + V_1 + V_2 + \eta \Phi u + \frac{1}{a^2} [(\dot{A}_1)^2 + (\dot{A}_2)^2 + (\dot{A}_3)^2], \quad (14)$$

$$p = \frac{1}{2} \varepsilon \dot{\phi}^2 - V_1 - V_2 + V'_2 u + \frac{1}{3a^2} [(\dot{A}_1)^2 + (\dot{A}_2)^2 + (\dot{A}_3)^2]. \quad (15)$$

Решение системы уравнений (5) - (13) ищем применяя следующие условия

$$a = e^{a_0 \sin(\alpha t)}, \quad \phi = e^{\Phi_0 \sin(\beta t)}. \quad (16)$$

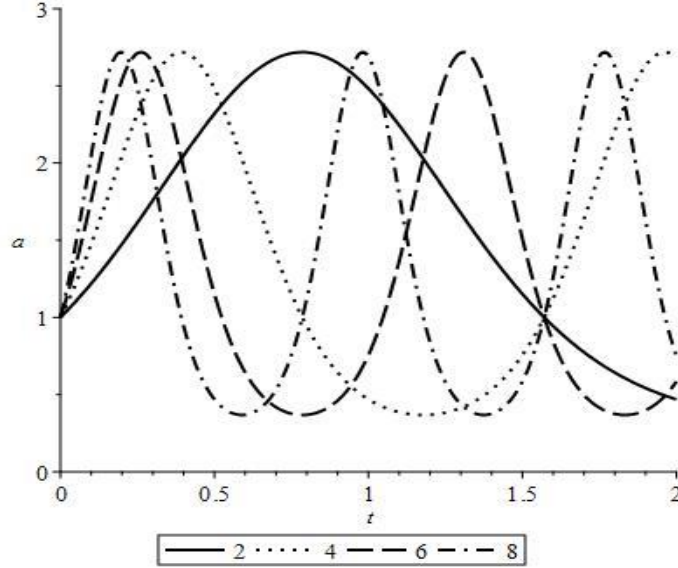


Рисунок 1. – Зависимость масштабного фактора a от времени t

Из уравнения (10) вычислили потенциал скалярного поля, который равен

$$V_1(t) = -\frac{3}{4} a_0 \Phi_0 \alpha^2 \cos(2\alpha t) e^{2\Phi_0 \sin(\alpha t)} - \frac{1}{4} \Phi_0^2 \alpha^2 \cos(2\alpha t) e^{2\Phi_0 \sin(\alpha t)} - \\ - \frac{3}{2} a_0 \alpha^2 \sin(\alpha t) e^{2\Phi_0 \sin(\alpha t)} - \frac{3}{4} a_0 \Phi_0 \alpha^2 e^{2\Phi_0 \sin(\alpha t)} - \\ - \frac{1}{4} \Phi_0^2 \alpha^2 e^{2\Phi_0 \sin(\alpha t)} + \frac{3}{4} \frac{a_0 \alpha^2}{\Phi_0} e^{2\Phi_0 \sin(\alpha t)} + \frac{\eta c \Phi_0}{(3a_0 - \Phi_0) e^{\sin(\alpha t)(3a_0 - \Phi_0)}}.$$

Исходя из уравнения (11) нашли потенциал фермионного поля

$$V_2(t) = \frac{1}{12a_0\Phi_0 - 4\Phi_0^2} (72a_0\alpha^2(a_0 - \frac{1}{3}\Phi_0)(\Phi_0^2 \cos^4(\frac{1}{2}\alpha t) - \Phi_0^2 \cos^2(\frac{1}{2}\alpha t) + \\ + \frac{1}{2}\Phi_0 \sin(\frac{1}{2}\alpha t) \cos(\frac{1}{2}\alpha t) + \frac{1}{4}\Phi_0^2 - \frac{1}{8}) e^{4\Phi_0 \sin(\frac{1}{2}\alpha t) \cos(\frac{1}{2}\alpha t)} - 12\Phi_0(\eta c a_0 e^{(-3a_0 + \Phi_0)\sin(\alpha t)} + \\ + (3a_0^2 \alpha^2 - 3a_0^2 \alpha^2 \cos^2(\alpha t) + b e^{-4a_0 \sin(\alpha t)})(a_0 - \frac{1}{3}\Phi_0)).$$

Значение масштабного фактора a , применяемое нами в этой работе, подставляем в уравнения (5) и (6), получаем плотность энергии и давление

$$\rho = 3a_0^2 \alpha^2 \cos^2(\alpha t), \quad p = 2a_0 \alpha^2 \sin(\alpha t) - 3a_0^2 \alpha^2 \cos^2(\alpha t). \quad (17)$$

Зная чему равны плотность энергии ρ , давление p и масштабный фактор a вычисляем для данной модели параметр уравнения состояния ω , параметр замедления q , параметр рывка j равны, соответственно

$$\omega = -1 + \frac{2 \sin(\alpha t)}{3 \cos^2(\alpha t)}, \quad (18)$$

$$q = -1 + \frac{\sin(\alpha t)}{\cos^2(\alpha t)}, \quad (19)$$

$$j = 1 - \frac{1+3\sin(\alpha t)}{\cos^2(\alpha t)}. \quad (20)$$

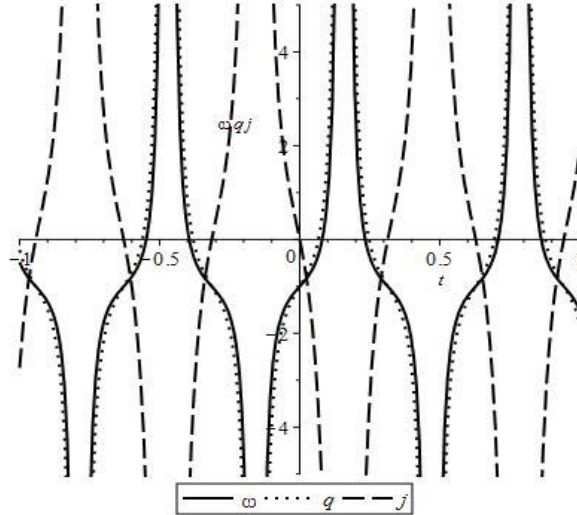


Рисунок 2. – Параметр уравнения состояния ω , параметр замедления q и параметр рывка j как функции от времени t

На рисунке 2 показана зависимость от времени t параметра уравнения состояния ω , параметра замедления q и параметра рывка j , когда $a = e^{\alpha_0 \sin(\alpha t)}$.

Рассмотрели космологическую модель с максвелловским членом в четырех измерениях совместно с метрикой Фридмана-Робертсона-Уокера и масштабным фактором в виде экспоненциально-периодической функции $a = e^{\alpha_0 \sin(\alpha t)}$. Для этой модели вычислены уравнения движения, функции скалярного и фермионного полей. Найдены и изображены параметры уравнения состояния, замедления и рывка.

Очевидно, наши работы не являются окончательными ответами загадочной Вселенной. Необходимы дальнейшие точные исследования как с теоретической, так и с экспериментальной точки зрения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан, грант №0118RK00935.

Автор выражает благодарность своему научному руководителю PhD, и.о. доцента Разиной О.В. за постановку задачи.

Список использованных источников

1 Разина О.В., Цыба П.Ю., Сагидуллаева Ж.М. Степенное решение модели $f(R)$ гравитации с максвелловским членом и g -эссенцией // Вестник Карагандинского государственного университета им. Е.А. Букетова. Серия «Физика» 201919394-102.

2 Razina O., Tsyba P., Meirbekov B., Myrzakulov R. Cosmological Einstein-Maxwell model with g -essence // International Journal of Modern Physics 201928101950126.