

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ



ЖАС ҒАЛЫМДАР КЕҢЕСІ



Студенттер мен жас ғалымдардың
«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ - 2016» атты
XI Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XI Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ - 2016»

PROCEEDINGS
of the XI International Scientific Conference
for students and young scholars
«SCIENCE AND EDUCATION - 2016»

2016 жыл 14 сәуір
Астана

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«Ғылым және білім - 2016»
атты XI Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XI Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«Наука и образование - 2016»**

**PROCEEDINGS
of the XI International Scientific Conference
for students and young scholars
«Science and education - 2016»**

2016 жыл 14 сәуір

Астана

ӘӨЖ 001:37(063)

КБЖ 72:74

Ғ 96

Ғ96 «Ғылым және білім – 2016» атты студенттер мен жас ғалымдардың XI Халық. ғыл. конф. = XI Межд. науч. конф. студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2016» = The XI International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2016» . – Астана: [http://www.enu.kz/ru/nauka/ nauka-i-obrazovanie/](http://www.enu.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/), 2016. – б. (қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-764-4

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

ӘӨЖ 001:37(063)

КБЖ 72:74

ISBN 978-9965-31-764-4

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2016

МОДЕЛЬ $f(R)$ ГРАВИТАЦИИ С МАКСВЕЛЛОВСКИМ ЧЛЕНОМ И G-ЭССЕНЦИЕЙ

Разина Ольга Викторовна

razina_ov@enu.kz

Доцент кафедры общей и теоретической физики ЕНУ им. Л.Н.Гумилева,

Астана, Казахстан

Научный руководитель – Р. Мырзакулов

Одним из самых загадочных открытий последних лет в физике является ускорение Вселенной [1, 2]. Для объяснения этого ускорения предлагаются неизвестные жидкость или поле, которые окрестили темной энергией. Темная энергия практически равномерно распределяется во Вселенной, и её давление отрицательно. Самым простым и теоретически привлекательным кандидатом на звание темной энергии является космологическая константа – Λ CDM модель. В этом случае уравнение параметра состояния имеет вид $\omega = -1$. Хотя Λ CDM модель в целом согласуется с текущими астрономическими наблюдениями, но имеет некоторые трудности, например, примирить небольшие наблюдательные значения плотности темной энергии с оценками из квантовых теорий поля. Таким образом, хотя Λ CDM модель является наиболее очевидным выбором, но она имеет проблемы подгонки и тонкой настройки. Поэтому естественно приводить альтернативные возможности объяснения тайны темной энергии. Для того чтобы объяснить ускорение, то есть темную энергию, были предложены многие виды моделей например, квинтэссенция, фантом, к-эссенция, тахион, f-эссенция, газ Чаплыгина и его обобщения и т.д.

В последние годы появился большой интерес к модели к-эссенции. Первоначально она была предложена в качестве модели для инфляции [3], а затем в качестве модели для темной энергии [4]. После этих предложений, к-эссенцию начали интенсивно изучать, но по-прежнему заслуживает внимания исследование возможного космологического поведения к-эссенции в систематическом порядке. Совсем недавно была предложена, так называемая модель g-эссенции [5], которая является более общей моделью, чем к-эссенция. На самом деле, g-эссенция содержит, как частный случай, две важные модели: к-эссенцию и f-эссенцию. Обратим внимание, на то что f-эссенция является фермионным аналогом к-эссенции. Единицы измерения выбираем так, что $8\pi G = c = \hbar = 1$.

Рассмотрим действие $f(R)$ гравитации с максвелловским членом и g-эссенцией в четырех измерениях

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

где

$$F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu \quad (2)$$

и K является лагранжианом g-эссенции и некоторой функцией своих аргументов, ϕ скалярной функцией, $\psi = (\psi_1, \psi_2, \psi_3, \psi_4)^T$ фермионной функцией и $\bar{\psi} = \psi^\dagger \gamma^0$ ее сопряженной функцией, R скалярная кривизна. Здесь

$$X = 0.5g^{\mu\nu} \nabla_\mu \phi \nabla_\nu \phi, \quad Y = 0.5i [\bar{\psi} \Gamma^\mu D_\mu \psi - (D_\mu \bar{\psi}) \Gamma^\mu \psi] \quad (3)$$

являются каноническими кинетическими членами для скалярных и фермионных полей, соответственно. ∇_μ и D_μ ковариантные производные. Фермионные поля

рассматриваются здесь как классические коммутирующие поля. Анзац решения для максвеловского члена A_μ является функцией от t . Тогда

$$F_{01} = -F_{10} = \dot{A}_1, \quad F_{02} = -F_{20} = \dot{A}_2, \quad F_{03} = -F_{30} = \dot{A}_3 \quad (4)$$

(остальные компоненты $F_{\mu\nu}$ равны нулю).

Рассмотрим однородную, изотропную и плоскую Вселенную Фридмана-Робертсона-Уокера (ФРУ)

$$ds^2 = -dt^2 + a(t)^2(dx^2 + dy^2 + dz^2). \quad (5)$$

Для этой метрики уравнения (2) запишутся в виде

$$F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} = 2[g^{00}g^{11}(F_{01})^2 + g^{00}g^{22}(F_{02})^2 + g^{00}g^{33}(F_{03})^2] = -\frac{2}{a^2}[(\dot{A}_1)^2 + (\dot{A}_2)^2 + (\dot{A}_3)^2]. \quad (6)$$

Здесь

$$S_{Mg} = \frac{1}{8\pi G} \int d^4x \left\{ -3a\dot{a}^2 + \frac{1}{2}a^3 f + a[(\dot{A}_1)^2 + (\dot{A}_2)^2 + (\dot{A}_3)^2] + a^3 K \right\}. \quad (7)$$

В случае метрики ФРУ (5), уравнения движения, соответствующие действию (7), запишутся в виде

$$\begin{aligned} 3H^2 - \rho &= 0, \\ 2\dot{H} + 3H^2 + p &= 0, \\ \ddot{A}_1 + H\dot{A}_1 &= 0, \\ \ddot{A}_2 + H\dot{A}_2 &= 0, \\ \ddot{A}_3 + H\dot{A}_3 &= 0, \\ K_X \ddot{\phi} + (\dot{K}_X + 3HK_X)\dot{\phi} - K_\phi &= 0, \\ K_Y \dot{\psi} + 0.5(3HK_Y + \dot{K}_Y)\psi - i\gamma^0 K_{\bar{\psi}} &= 0, \\ K_Y \dot{\bar{\psi}} + 0.5(3HK_Y + \dot{K}_Y)\bar{\psi} + iK_\psi \gamma^0 &= 0, \\ \dot{\rho} + 3H(\rho + p) &= 0, \end{aligned} \quad (8)$$

где кинетические члены плотности энергии и давления равны

$$X = 0.5\dot{\phi}^2, \quad Y = 0.5i(\bar{\psi}\gamma^0\dot{\psi} - \dot{\bar{\psi}}\gamma^0\psi) \quad (9)$$

и

$$\rho = -3H\dot{f}_{RR} + 3(\dot{H} + H^2)f_R - 0.5f + 2K_X X + K_Y Y - K + \frac{[(\dot{A}_1)^2 + (\dot{A}_2)^2 + (\dot{A}_3)^2]}{a^2}, \quad (10)$$

$$p = \dot{R}^2 f_{RRR} + (2H\dot{R} + \ddot{R})f_{RR} - (3H^2 + \dot{H})f_R + 0.5f + K + \frac{[(\dot{A}_1)^2 + (\dot{A}_2)^2 + (\dot{A}_3)^2]}{3a^2}. \quad (11)$$

В этой статье рассмотрим действие g-эссенции (7) с

$$K = \varepsilon X + \sigma Y - V_1(\phi) - V_2(u) - \eta \phi u, \quad (12)$$

где $\eta = \text{const}$, $u = \bar{\psi}\psi$, ε и σ являются некоторыми константами. Здесь можно отметить, что $\varepsilon = 1$ ($\varepsilon = -1$) соответствует обычному (фантомному) случаю. Тогда система (8) принимает вид

$$3H^2 - \rho = 0, \quad (13)$$

$$3H^2 + 2\dot{H} + p = 0, \quad (14)$$

$$\ddot{A}_1 + H\dot{A}_1 = 0, \quad (15)$$

$$\ddot{A}_2 + H\dot{A}_2 = 0, \quad (16)$$

$$\ddot{A}_3 + H\dot{A}_3 = 0, \quad (17)$$

$$\varepsilon\ddot{\phi} + 3\varepsilon H\dot{\phi} + \eta u + V_{1\phi} = 0, \quad (18)$$

$$\sigma\dot{\psi} + \frac{3}{2}\sigma H\psi + iV_2'\gamma^0\psi + i\eta\gamma^0\psi\phi = 0, \quad (19)$$

$$\sigma\dot{\bar{\psi}} + \frac{3}{2}\sigma H\bar{\psi} - iV_2'\bar{\psi}\gamma^0 - i\eta\phi\bar{\psi}\gamma^0 = 0, \quad (20)$$

$$\dot{\rho} + 3H(\rho + p) = 0, \quad (21)$$

где

$$\rho = -3H\dot{R}f_{RR} + 3(\dot{H} + H^2)f_R - 0.5f + 0.5\varepsilon\dot{\phi}^2 + V_1 + V_2 + \eta\phi u + \frac{[(\dot{A}_1)^2 + (\dot{A}_2)^2 + (\dot{A}_3)^2]}{a^2}, \quad (22)$$

$$p = \dot{R}^2 f_{RRR} + (2H\dot{R} + \ddot{R})f_{RR} - (3H^2 + \dot{H})f_R + 0.5f + 0.5\varepsilon\dot{\phi}^2 - V_1 - V_2 + V_2'u + \frac{[(\dot{A}_1)^2 + (\dot{A}_2)^2 + (\dot{A}_3)^2]}{3a^2}. \quad (23)$$

Исключая f из уравнений (13)-(14) получим

$$\dot{R}^2 f_{RRR} - (H\dot{R} - \ddot{R})f_{RR} + 2\dot{H}f_R + 2\dot{H} + \varepsilon\dot{\phi}^2 + \eta\phi u + V_2'u + \frac{4[(\dot{A}_1)^2 + (\dot{A}_2)^2 + (\dot{A}_3)^2]}{3a^2} = 0. \quad (24)$$

Уравнение (24) можно записать в виде

$$\ddot{F} - H\dot{F} + 2\dot{H}F + 2\dot{H} + \varepsilon\dot{\phi}^2 + \eta\phi u + V_2'u + \frac{4[(\dot{A}_1)^2 + (\dot{A}_2)^2 + (\dot{A}_3)^2]}{3a^2} = 0, \quad (25)$$

где $F = \frac{df}{dR}$. Из уравнений (15)-(17) получим

$$\dot{A}_n = \frac{b_n}{a}, \quad (n = 1, 2, 3) \quad (26)$$

где $b_n = \text{const}$. В качестве примера рассмотрим следующее решение

$$a = a_0 t^\lambda, \quad (27)$$

$$\phi = \phi_0 t^\delta, \quad (28)$$

$$\psi_l = \frac{c_l}{a^{1.5}} e^{iD(t)}, \quad (l = 1, 2), \quad (29)$$

$$\psi_k = \frac{c_k}{a^{1.5}} e^{-iD(t)}, \quad (k = 3, 4), \quad (30)$$

$$u = \frac{c}{a^3} = \frac{c}{a_0^3 t^{3\lambda}}, \quad (31)$$

где c_j удовлетворяют следующему условию $c = |c_1|^2 + |c_2|^2 - |c_3|^2 - |c_4|^2$. Для метрики (5) и скалярного фактора (27) получим

$$R = 6(\dot{H} + 2H^2) = \frac{6\lambda(2\lambda - 1)}{t^2}. \quad (32)$$

Из (18)

$$V_1(t) = -\frac{\varepsilon\phi_0^2\delta^2(\delta - 1 + 3\lambda)}{2(\delta - 1)}t^{2(\delta-1)} - \frac{\phi_0\delta\eta c}{a_0^3(\delta - 3\lambda)}t^{\delta-3\lambda} - V_{10}, \quad (33)$$

$$V_1(\phi) = -\frac{\varepsilon\phi_0^2\delta^2(\delta - 1 + 3\lambda)}{2(\delta - 1)}\left(\frac{\phi}{\phi_0}\right)^{\frac{2(\delta-1)}{\delta}} - \frac{\phi_0\delta\eta c}{a_0^3(\delta - 3\lambda)}\left(\frac{\phi}{\phi_0}\right)^{\frac{\delta-3\lambda}{\delta}} - V_{10}. \quad (34)$$

Из (19)

$$V_2 = \frac{3\lambda c\eta\phi_0}{a_0^3(\delta - 3\lambda)}t^{\delta-3\lambda} + \frac{3\lambda c\sigma}{a_0^3}\int \dot{D}t^{-(3\lambda+1)}dt. \quad (35)$$

Уравнение (13) примет вид

$$3H\dot{R}f_{RR} - 3(\dot{H} + H^2)f_R + 0.5f + 3H^2 + \frac{3\varepsilon\phi_0^2\delta^2\lambda}{2(\delta - 1)}t^{2(\delta-1)} - \frac{3\lambda c\sigma}{a_0^3}\int \dot{D}t^{-(3\lambda+1)}dt - \frac{b^2}{a_0^4}t^{-4\lambda} + V_{10} = 0, \quad (36)$$

где $b = b_1^2 + b_2^2 + b_3^2$.

В качестве примера рассмотрим случай, когда $f = \beta R^l$, $f_R = \beta l R^{l-1}$, $f_{RR} = \beta l(l-1)R^{l-2}$. Тогда из (36) получим

$$D = \frac{a_0^3}{3\lambda c\sigma} \left[\frac{4\lambda b^2 t^{1-\lambda}}{a_0^4(1-\lambda)} - \frac{6\lambda^2 t^{3\lambda-1}}{3\lambda-1} - l\beta \left[1 - \frac{l(\lambda-3+2l)}{2\lambda-1} \right] \times \right. \\ \left. \times \frac{[6\lambda(2\lambda-1)]^l t^{3\lambda-2l+1}}{3\lambda-2l+1} + \frac{3\varepsilon\lambda\phi_0^2\delta^2 t^{3\lambda+2\delta-1}}{3\lambda+2\delta-1} \right] + D_0. \quad (37)$$

Тогда

$$V_2(t) = \frac{3\lambda\eta\phi_0 c}{a_0^3(\delta - 3\lambda)}t^{\delta-3\lambda} + 3\lambda^2 t^{-2} + \frac{\beta}{2} \left[1 - \frac{l(\lambda-3+2l)}{2\lambda-1} \right] [6\lambda(2\lambda-1)]^l t^{-2l} + \\ + \frac{3\varepsilon\lambda\phi_0^2\delta^2}{2(\delta-1)}t^{2(\delta-1)} - \frac{b^2}{a_0^4}t^{-4\lambda} + V_{10}, \quad (38)$$

$$V_2(u) = \frac{3\lambda\eta\phi_0 c}{a_0^3(\delta - 3\lambda)} \left(\frac{ua_0^3}{c}\right)^{\frac{3\lambda-\delta}{3\lambda}} + 3\lambda^2 \left(\frac{ua_0^3}{c}\right)^{\frac{2}{3\lambda}} + \frac{\beta}{2} \left[1 - \frac{l(\lambda - 3 + 2l)}{2\lambda - 1}\right] [6\lambda(2\lambda - 1)]^l \left(\frac{ua_0^3}{c}\right)^{\frac{2l}{3\lambda}} + \\ + \frac{3\varepsilon\lambda\phi_0^2\delta^2}{2(\delta - 1)} \left(\frac{ua_0^3}{c}\right)^{\frac{2(1-\delta)}{3\lambda}} - \frac{b^2}{a_0^4} \left(\frac{ua_0^3}{c}\right)^{\frac{4}{3}} + V_{10}, \quad (39)$$

Рассмотрели частный случай $f(R)$ гравитации с максвелловским членом и g -эссенцией. Построили один пример точного аналитического решения рассматриваемой модели. Нашли соответствующие скалярные и фермионные потенциалы. Эти результаты показывают, что $f(R)$ гравитация с максвелловским членом и g -эссенцией может описывать ускоренное расширение Вселенной.

Список использованных источников

- 1 Perlmutter S. et al. Measurements of omega and lambda from 42 high-redshift supernovae // The Astrophysical Journal. 1999. Vol. 517. №2. P. 565-586.
- 2 Riess et al. Observational evidence from supernovae for an accelerating universe and a cosmological constant // The Astronomical Journal. 1998. Vol. 116. №3. P. 1009-1038.
- 3 Armendariz-Picon C., Damour T., Mukhanov V.F. k-inflation // Physical Letters B. 1999. Vol. 458. №7. P. 209-218.
- 4 Armendariz-Picon C., Mukhanov V.F., Steinhardt P.J. Essentials of k-essence // Physical Review D. 2010. Vol. 63. №10. P. 3510.
- 5 Myrzakulov Y., Serikbayev N., Myrzakul S., Razina O., Nugmanova G., Myrzakulov R. G-essence cosmologies with scalar-fermion interactions // European Physical Journal Plus. 2011. Vol. 126. №9. P. 85.

УДК 524.832

КҮҢГІРТ ЭНЕРГИЯНЫҢ СКАЛЯРЛЫҚ МОДЕЛІ

Рамазан Мөлдір Қайратқызы

Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ-і Физика техникалық факультетінің «6М060400»–
физика мамандығының магистранты, Астана, Қазақстан
Ғылыми жетекшісі – О.В. Разина

Әлем немесе Ғалам – алуан түрлі формада болатын әрі ұдайы өзгеріп отыратын, кеңістік пен уақыт бойынша шеті де, шегі де жоқ бүкіл дүние. 1998 жылғы астрономиялық зерттеулердің нәтижесінде, қазіргі таңда Әлемнің үдемелі ұлғайып бара жатқаны дәлелденді. Осы құбылысты түсіндіру үшін астрофизиктер мен физиктер Әлемнің әртүрлі космологиялық модельдерін ұсынуда. Ғалымдар Әлем массасының көп бөлігін салыстырмалы көрінетін, сонымен қатар көрінбейтін материядан (күңгірт материя) тұрады деп болжаған. Енді жаңа зерттеулердің нәтижесінде Әлемнің ұлғаюы және де бұрын белгісіз болған қысымы теріс болатын энергия бар екені расталды. Оны «күңгірт энергия» деп атады. Әлемнің үдемелі ұлғаюы шамамен 5 миллиард жыл бұрын басталды. Ұлғайып жатқан Әлемнің күңгірт материя тығыздығы, күңгірт энергия тығыздығына қарағанда жылдам азаюда.

Өлшем бірліктерді мына түрде аламыз $8\pi G = \hbar = c = 1$.

Изотропты, біртекті және жазық уақыт-кеңістігі түріндегі Фридман-Робертсон-Уокер (ФРУ) метрикасын қарастырайық