ӘОЖ 517.957,532.5

ГРАВИТАЦИЯНЫҢ ЖАЛПЫЛАНҒАН F(R,X,Ф) МОДЕЛІ АЯСЫНДА КОСМОЛОГИЯНЫ ЗЕРТТЕУ

Қолдасбай Дана Ерболатқызы
Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің физика мамандығы бойынша 4-ші курс студенті
dana.koldasbaeva@mail.ru
Нур-Султан,Қазахстан
Ғылыми жетекші:Ержанов Қ.К

Әлем және тартылыс туралы теория осы жылдары көп талқыға түсетін мәселелердің біріне айналды.Күңгірт дененің және бастапқы сингулярлылық жайлы құпиялар альтернативті гравитация теориясында кеңінен қарастырылады.Соның бірі бастапқы жалпы салыстырмалық теориясына негізінде,бірақ Лагранжиан есебінен жасалынған модификацияны ұсынды. Бұл теориялардың ішінде көп талқыға түскені f(R) ауырлық теориясы болып табылады.Ноджири мен Одинцов айналасында қисықтық пен материяның жалғасуының байланысы жайлы талқылыған ғалымдардың қатарына кіреді.[1]Тіпті олардың кейбір мақалалары түсінуде маңызды рөл ойнайды.Кейін f(R,T)секілді гравитация және f(R,X,φ) жаңадан ұсынылған гравитациялық теориясы,осы кезге дейін жазылған сәтті мақалалардың қатарына енеді [2,3]. Ғалымдардың болжауынша,соңғы теориялар нақты космологиялық моделдерді қолдану арқылы ғарыштық үдеу кешіктірілген уақыт мәселелерін шеше алады.Менің зерттеп отырған жұмысымның жаңашылдығы – бұрын қолданылмаған нәтижелер алуға болатын,гравитацияның жалпыланған моделіне Нетер симметриясын қолдануда.

$$XL = 0. \tag{1}$$

Мұнда,

$$X = \alpha\frac{\partial}{\partial a} + \beta\frac{\partial}{\partial R} + \delta\frac{\partial}{\partial X} + \epsilon\frac{\partial}{\partial \varphi} + \dot{\alpha}\frac{\partial}{\partial \dot{a}} + \dot{\beta}\frac{\partial}{\partial \dot{R}} + \dot{\delta}\frac{\partial}{\partial \dot{X}} + \dot{\epsilon}\frac{\partial}{\partial \dot{\varphi}}. \tag{2}$$

Мұндағы $\alpha, \beta, \delta, \epsilon$ функциялары a, R, X, φ айнымалыларына тәуелді болады.

$$\dot{\alpha} = \alpha_a\dot{a} + \alpha_R\dot{R} + \alpha_X\dot{X} + \alpha_\varphi\dot{\varphi}\ , \tag{3}$$

$$\dot{\beta} = \beta_a\dot{a} + \beta_R\dot{R} + \beta_X\dot{X} + \beta_\varphi\dot{\varphi}, \tag{4}$$

$$\dot{\delta} = \delta_a\dot{a} + \delta_R\dot{R} + \delta_X\dot{X} + \delta_\varphi\dot{\varphi}, \tag{5}$$

$$\dot{\epsilon} = \epsilon_a\dot{a} + \epsilon_R\dot{R} + \epsilon_X\dot{X} + \epsilon_\varphi\dot{\varphi}, \tag{6}$$

Ал Лагранжиан сәйкесінше:

$$L = a^3[F - (R-u)F_R] + 6a^2\dot{a}F_R + 6a^2\dot{a}\left[\dot{R}F_{RR} + \dot{X}F_{RX} + \ \dot{\varphi}F_{R\varphi}\right] - a^3F_X\left[X - \frac{1}{2}\dot{\varphi}^2\right] \tag{7}$$

Бұл арқылы біз, $\mathrm{F}(\mathrm{R}, \mathrm{X}, \varphi)$ гравитациясы үшін

$$\left[\alpha\frac{\partial}{\partial a}+\beta\frac{\partial}{\partial R}+\delta\frac{\partial}{\partial X}+\epsilon\frac{\partial}{\partial \varphi}+\dot\alpha\frac{\partial}{\partial \dot a}+\dot\beta\frac{\partial}{\partial \dot R}+\dot\delta\frac{\partial}{\partial \dot X}+\dot\epsilon\frac{\partial}{\partial \dot\varphi}\right]a^3[F-(R-u)F_R]+6a^2\dot aF_R+ 6a^2\dot a[\dot RF_{RR}+\dot XF_{RX}+\ \dot\varphi F_{R\varphi}]-a^3F_X\left[X-\frac{1}{2}\dot\varphi^2\right]=0. \quad (8)$$

Осы теңдіктерді бірітіре отырып жазатын болсақ,

$$6\big(\alpha F_R+\beta aF_{RR}+\delta aF_{RX}+\epsilon aF_{R\varphi}+2\alpha_a aF_R+\beta_a a^2F_{RR}+\delta_a a^2F_{RX}+\epsilon_a a^2F_{R\varphi}\big)\dot a^2+ \dot\varphi^2\left(\epsilon_\varphi a^3F_X-6\alpha_\varphi a^2F_{R\varphi}+\frac{3}{2}\alpha a^2F_X+\frac{1}{2}\beta a^3F_{XR}+\frac{1}{2}\delta a^3F_{XX}+\frac{1}{2}\epsilon a^3F_{X\varphi}\right)+6a\dot a\dot R\big(\beta aF_{RRR}+ \delta aF_{RRX}+\epsilon aF_{RR\varphi}+2\alpha_R F_R+(\alpha_a a+\beta_R a+2\alpha\big)F_{RR}+\delta_R aF_{RX}+\epsilon_R aF_{R\varphi})+6a\dot a\dot X(2\alpha_X F_R+ a\beta_X F_{RR}+\beta aF_{RXR}+\delta aF_{RXX}+\epsilon aF_{RX\varphi}+(2\alpha+\alpha_a\alpha+\delta_X a)F_{RX}+\epsilon_X aF_{R\varphi})+6a\dot a\dot\varphi(a\beta_\varphi F_{RR}+ 2\alpha F_{R\varphi}+\beta aF_{R\varphi R}+\delta aF_{R\varphi X}+\epsilon aF_{R\varphi\varphi}+\alpha_a aF_{R\varphi}+\delta_\varphi aF_{RX}+\epsilon_\varphi aF_{R\varphi})+12a\dot a\dot\varphi\alpha_\varphi F_R+ 6\dot R^2\alpha_R a^2F_{RR}+6\dot X^2\alpha_X a^2F_{R\varphi}-a^3\dot a\dot\varphi\epsilon_\alpha F_X+6a^2\dot R\dot X(\alpha_X F_{RR}+\alpha_R F_{RX})+\dot R\dot\varphi a^2(6\alpha_\varphi F_{RR}- \epsilon_R aF_X+6\alpha_R F_{R\varphi})+\dot X\dot\varphi(-\epsilon_X a^3F_X+6\alpha_X a^2F_{R\varphi}+6\alpha_\varphi a^2F_{RX})+3a^2\alpha(F-(R-u)F_R+ \frac{1}{3}au_\alpha F_R)-\beta a^3(R-u)F_{RR}-\delta a^3(R-u)F_{RX}+a^3u_{\dot a}F_R(a\dot\alpha_a+\dot R\alpha_R+\dot X\alpha_X+\dot\varphi\alpha_\varphi)-(3\alpha F_X+ \beta aF_{XR}+\delta aF_{XX}+\epsilon aF_{X\varphi})X\alpha^2+\epsilon a^3[F_\varphi-(R-u)F_{R\varphi}]=0. \quad (9)$$

Бұл теңдеуді келесі теңдеулер жүйесі ретінде жазуға болады:

$$\dot a^2:\quad \alpha F_R+\beta aF_{RR}+\delta aF_{RX}+\epsilon aF_{R\varphi}+2\alpha_a aF_R+\beta_a aF_{RR}+\delta_a a^2F_{RX}++\epsilon_a a^2F_{R\varphi}=0, \quad (10)$$

$$\dot\varphi^2:\quad \epsilon_\varphi a^3F_X-6\alpha_\varphi a^2F_{R\varphi}+\frac{3}{2}\alpha a^2F_X+\frac{1}{2}\beta a^3F_{XR}+\frac{1}{2}\delta a^3F_{XX}+\frac{1}{2}\epsilon a^3F_{X\varphi}=0,$$

$$\dot a\dot R:\quad \big(2\alpha F_{RR}+\beta aF_{RRR}+\delta aF_{RRX}+\epsilon aF_{RR\varphi}+2\alpha_R F_R+(\alpha_a a+\beta_R a\big)F_{RR}+ +\delta_R aF_{RX}+\epsilon_R aF_{R\varphi}=0 \quad (11)$$

$$\dot a\dot X:\ 2\alpha_X F_R+a\beta_X F_{RR}+\beta aF_{RXR}+\delta aF_{RXX}+\epsilon aF_{RX\varphi}+(\alpha_a a+\delta_X a)F_{RX}+\epsilon_X aF_{R\varphi}=0 \quad (12)$$

$$\dot a\dot\varphi:\quad a\beta_\varphi F_{RR}+2\alpha F_{R\varphi}+\beta aF_{R\varphi R}+\delta aF_{R\varphi X}+\epsilon aF_{R\varphi\varphi}+\alpha_a aF_{R\varphi}+\delta_\varphi aF_{RX}+\epsilon_\varphi aF_{R\varphi})=0$$

$$\dot R\dot X:\quad \alpha_X a^2F_{RR}+\alpha_R a^2F_{RX} \quad (13)$$

$$\dot R\dot\varphi:\quad 6\alpha_\varphi F_{RR}-\epsilon_R aF_X+6\alpha_R F_{R\varphi}=0$$

$$\dot X\dot\varphi:-\epsilon_X a^3F_X+6\alpha_X a^2F_{R\varphi}+6\alpha_\varphi a^2F_{RX})$$

$$3\alpha\left(F-(R-u)F_R+\frac{1}{3}au_aF_R\right)-\beta a(R-u)F_{RR}-\delta a(R-u)F_{RX}+\epsilon a(F_\varphi-(R-u)F_{R\varphi})+ au_{\dot a}F_R(\dot a\alpha_a+\dot R\alpha_R+\dot X\alpha_X+\dot\varphi\alpha_\varphi)-(3\alpha F_X+\beta aF_{XR}+\delta aF_{XX}+\epsilon aF_{X\varphi}=0 \quad (14)$$

$$\dot X\dot\varphi:\epsilon_X a^3F_X+6\alpha_X a^2F_{R\varphi}+6\alpha_\varphi a^2F_{RX}=0, \quad (15)$$

Бұл жүйенің шешімдерінің бірі келесі теңдеу болады:

$${F_{RX}}^2=F_{RR}F_{XX}, \quad (16)$$

Қорытындылай келе,біз бұл жұмыста жалпыланған гравитация моделін зерттей отырып,оған Нетер симметриясын қолдану арқылы жаңа нәтижеге қол жеткіздік.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Saridakis, E.N.; Myrzakul, S.N.; Myrzakulov, K.; Yerzhanov, K. Cosmological applications of F(R,T) gravity with dynamical curvature and torsion. https://www.mdpi.com/2073-8994/13/12/2254 Phys. Rev. D 2020, 102, 023525
2. Massaeli, E.; Motaharfar, M.; Sepangi, H.R. General scalar-tensor cosmology: analytical solu-tions via noether symmetry. Eur. Phys. J. C 2017, 77, 124.
3. Myrzakulov, R.; Yerzhanov, K.; Yesmakhanova, K.; Tsyba P.; Myrzakulov N.; Nugmanova G. g-Essence as the cosmic speed-up. Astrophys. Space Sci. 2012, 341, 681–688.

УДК 524.83, 524.834

ТОЧНОЕ РЕШЕНИЕ $f(T,B)$ ГРАВИТАЦИИ С ФЕРМИОННЫМ ПОЛЕМ

Қошан Әсел Өмірзаққызы
asell.2000@icloud.com
Студент 4-го курса кафедры «Общая и теоретическая физика»,
ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Научный руководитель - Е.М. Мырзакулов

В настоящее время одной из самых важных проблем в физике является понимание ускоренного расширения Вселенной в позднем времени. Кроме того, крупномасштабная структура, начиная от галактик и заканчивая сверхскоплениями, представляет проблему недостающей материи, т.е. светящейся материи недостаточно, чтобы гарантировать устойчивость и эволюцию самогравитирующих астрофизических систем. Есть несколько кандидатов для объяснения этих явлений, и наиболее популярными из них являются темная энергия и темная материя.

Недавно в работе [1] было предложено новое обобщение стандартной $f(T)$-гравитации. В этой теории функция $f(T)$ расширяется до $f(T,B)$, где B - граничный член, связанный со скаляром Риччи как $R=-T+B$.

В этой работе в рамках телепараллельной гравитации будет исследована космологическая модель Фридмана-Робертсона-Уокера (ФРУ) с фермионным полем [2,4], в которой фермионное поле неминимально связано как со скаляром кручения, так и с граничным членом. Используя подход симметрии Нетера [5] в такой теории, получаем явные формы связей и потенциала в зависимости от фермионного поля.

Действие модели имеет вид

$$S=\int d^4xe\left\{F(\Psi)f(T,B)+\frac{i}{2}\left[\bar{\psi}\Gamma^{\mu}\left(\overleftarrow{\partial_{\mu}}-\Omega_{\mu}\right)\psi-\bar{\psi}\left(\overrightarrow{\partial_{\mu}}+\Omega_{\mu}\right)\Gamma_{\mu}\psi\right]-V(\Psi)\right\}, \qquad (1)$$

где T - скаляр кручения, $B=(2/e)\partial_{\mu}(eT^{\mu})=\nabla_{\mu}T^{\mu}$ граничный член, $e=det(e^{a}_{\mu})=\sqrt{-g}$, e^{a}_{μ} тетрада, ψ и $\bar{\psi}=\psi^{\dagger}\gamma^{0}$ спинорное поле и его сопряжение, крестик подразумевает комплексное сопряжение. $F(\Psi)$ функция связи и $V(\Psi)$ - потенциал фермионного поля.

Рассмотрим простейшую однородную и изотропную космологическую модель ФРУ, пространственно-плоская метрика, которой определяется выражением

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