

БІРТЕКТІ ЕМЕС ТҮТҚЫР СҰЙЫҚТЫҢ АЯСЫНДА ХОРАВА-ЛИФШИЦ ГРАВИТАЦИЯСЫН ЗЕРТТЕУ

Әлімқазы Нұр¹, Сотанова Гульзипа Алтинбеккизи²

alimkazyuria@gmail.com

¹Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ Физика-техникалық факультетінің 4 курс студенті

²Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің жалпы және теориялық физика кафедрасының 2 курс магистранты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан;

Ғылыми жетекшісі – Мырзақұл Шынарай Ратбайқызы

Әлемнің қазіргі үдетілген кеңеюі, үлкен жарылыс космологиясын жол ашады. Модель алғашқы әлемнің бірнеше жеңіл элементтерінің мол болуын үлкен дәлдікпен болжап айтқан болатын. Яғни, элементтер ядролық синтездің нәтижесінде пайда болып, үлкен жарылыстан бірнеше секундтан кейін бастау алып және бірнеше минуттарға созылды. Сонымен қатар, модель инфляцияны – бұл Әлемнің көлемін өте қысқа уақытта (сек) кеңейтеді. Демек, инфляция – Әлемнің тегістігі, көкжиегі және біртектілігі мәселелерінің сәтті шешімі болып табылады [1,2].

Алайда көптеген космологиялық шешімдер бар, оларды осы уақытқа дейін қараңғы материя мен қараңғы энергияның шығу тегі, космологиялық тұрақты проблемасы, ғарыштық кездейсоқтық проблемасы және инфляция потенциалының нақты формасы сияқты мәселелерді стандартты үлкен жарылыс космологиясы түсіндіре алмады [3,4]. Осы проблемаларға жауап беру үшін, ЖСТ модификациясы - модификацияланған гравитация теорияларының көптігі тудыратын перспективалы балама болып табылады.

Белгілі болғандай, табиғаттағы гравитациялық құбылыстарды сипаттайтын негізгі теория

Жалпы салыстырмалық теория болып табылады (ЖСТ). Бұл теорияның дұрыстығы әртүрлі эксперименттік және бақылаулармен деректер растайды. Алайда, ЖСТ әлемнің эволюциясының кейбір динамикасын толық сипаттай алмайды, мысалы, ғаламның үдемелі кеңеюі [5,6]. Мұны түсіндіру үшін ең қолайлы гипотеза ғаламның кеңеюі қараңғы энергия (КЭ), бірақ КЭ табиғаты әлі орныққан жоқ. Қазіргі уақытта ЖСТ - ның әр түрлі баламалары ұсынылды. Осындай баламалардың бір теориясы - бұл $F(R)$ ауырлық күшінің теориясы, мұндағы F - Риччи скаляр R -нің кейбір функциялары [7,8]. Сондай-ақ, $F(R)$ гравитациясының әртүрлі материя өрістерімен байланысты кейбір космологиялық аспектілері сілтемеде қарастырылды [9,10]. Старобинский моделі - $F(R)$ ауырлығы зерттелген мысалдардың бірі [11]. Референттерде [12,13] бұл теорияның космологиядағы әр түрлі қолданылуы айтылған болатын.

Соңғы жылдары фермиондық өрістері бар космологиялық модельдерге қызығушылық арта бастады [14,15]. Фермиондық өріс ғаламның эволюциясының алғашқы дәуірінде инфлатон рөлін атқарады. Ғаламның эволюциясының соңғы дәуірі ол қара энергия рөлін атқарады. Жақында ұсыныс жасалды, f -эссенциясы ретінде белгілі фермиондық өріске арналған кинетикалық энергияның канондық емес формасы бар модель [16].

Бұл жұмыста біз біртекті және изотропты Фридман Робертсон Уолкер (ФРУ) метрикасы үшін f -эссенциясымен минималды қосылмаған Старобинский моделін қарастырамыз. Сәйкес қозғалыс теңдеулері анықталып, квази-де-Ситтерде масштабтық коэффициенттің шешімі алынды. Оның үстіне, Хаббл параметрі, күй параметрінің теңдеуі және тяжелу параметрі сияқты космологиялық параметрлер болып табылған. Нәтижелер қара энергияның қанағаттанарлық модельдерін алып және әлемнің эволюциясы екенін сипаттай алды.

Кейбір мысалдар мен озық тәжірибелер

$f(R)$ гравитациясындағы әрекет

$$S = \int d^4x \sqrt{-g} [f(R) + L_m], \quad (1)$$

мұндағы g метрикалық тензордың детерминанты, $g_{\mu\nu}$, R скалярлық қисықтық (Риччи скаляры), $f(R)$ ерікті сызықтық емес функция R және L_m материя Лагранжды бейнелейді. Енді жазық ФРУ кеңістігін қарастырамыз

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

мұнда $a(t)$ масштаб коэффициентін көрсетіңіз.

ФРУ метрикасында космологиялық теңдеулерді шығару үшін канондық Лагранжды $L = L(a, \dot{a}, R, \dot{R})$ анықтау керек екені белгілі, мұндағы $Q = \{a, R\}$ конфигурация кеңістігі және $TQ = \{a, \dot{a}, R, \dot{R}\}$ оған байланысты жанама L шоғыр анықталған. Динамиканы шектеу ретінде қою үшін Лагранж көбейткіштерінің әдісін қолдануға болады. Лагранждың қолайлы мультипликаторын таңдап, бөліктер бойынша интегралдау Лагранж канондық түрі болады. Пішіннің тартылыс күшінің минималды емес теориясын ескерейік

$$S = \int dt a^3 \left\{ h(u) f(R) - v \left[R - \left(\frac{\ddot{a}}{a} + \frac{\dot{a}^2}{a^2} \right) \right] + 2K(Y, u) \right\}. \quad (3)$$

Егер шамадан тыс мән t туынды уақытқа қатысты болса, жай R және индекстерге қатысты дифференциалды берілген аргументке қатысты дифференциацияны білдіреді. Барлық $a, R, \psi, \bar{\psi}$ динамикалық айнымалылар тек t біртектілік пен изотропияны қалпына келтіруге тәуелді деп есептеледі. R Әрекетке қатысты вариация $\nu = h \frac{df}{dR} = hf'$ - Лагранж көбейткіші. Әрі қарай, жазуды қысқарту үшін функциялардың аргументтерін жоққа шығарамыз. Содан кейін бөлшектер бойынша интегралдап, нүкте тәрізді ФРУ Лагранж былай болады

$$L = a^3 hf - a^3 hf'R - B\dot{h}f\ddot{a}a^2 - B\dot{h}f''\dot{R}\dot{a}a^2 + (A - 2B)hf'\ddot{a}a + 2a^3 K. \quad (4)$$

Сонымен қатар, динамикалық жүйе үшін Эйлер-Лагранж теңдеуі болып табылады

$$\begin{aligned} R &= (A + B)H^2 + B\dot{H}, \\ - (2\dot{H} + 3H^2)(A - 2B)hf' &= 2(A - 2B)[\dot{h}f' + hf''\dot{R}]H - \\ - 2B\dot{h}f''\dot{R} - B\dot{h}f''\ddot{R} - B\dot{h}f'''\dot{R}^2 - B\ddot{h}f' - 6K + 3hf'R - 3hf, \end{aligned} \quad (5)$$

$$H^2 hf'(A - 2B) = hf - hf'R + 2K + B\dot{h}f'H + B\dot{h}f''\dot{R}H - 2K_Y Y, \quad (6)$$

$\bar{\psi}$ және ψ үшін, бізде Фермион өрісі мен оның ілеспе күші үшін гравитациялық өріске сәйкес Дирак теңдеулері бар,

$$2K_Y \bar{\psi}\gamma^0 + 3HK_Y \bar{\psi}\gamma^0 + K_Y \dot{Y} \bar{\psi}\gamma^0 + i(fh_u + 2K_u) \bar{\psi} = 0, \quad (7)$$

$$2K_Y \gamma^0 \dot{\psi} + 3HK_Y \gamma^0 \psi + K_Y \dot{Y} \gamma^0 \psi - i(fh_u + 2K_u) \psi = 0, \quad (8)$$

Хаббл параметрі

$$-(2\dot{H} + 3H^2) = p \quad (9)$$

$$3H^2 = \rho \quad (10)$$

Осы теңдеулер жүйесін шешу үшін алдымен олардың алғашқы үшеуін -қарастырдық. Біз (6) теңдеуді уақыт бойынша саралап, (9) теңдеуге қоямыз. Сонда біз келесі тәуелділікті аламыз

$$H = \frac{\dot{h}f + 2\dot{K} - 2\dot{K}_Y Y - 2K_Y \dot{Y}}{6K_Y Y}, \quad (11)$$

ал (7) және (8) теңдеулерінен спинор өрісті былай анықтаймыз

$$f = \frac{-2Y - 2u}{h_u u}, \quad (12)$$

$$u = \frac{u_0}{a^3 K_Y}. \quad (13)$$

2013 жылы жасаған жұмыста [13] фермионды өрістің кеңістік-уақытпен байланысын келесідей анықтағанбыз

$$h = u^n,$$

сонда

$$f = \frac{-2Y - 2u}{u^n}, \quad (14)$$

енді $K = Y - u$ жағдайды қарастырайық, онда Хаббл параметрі былай өрнектеледі

$$H = -2n \frac{\dot{u}}{u} - 2(n+1) \frac{\dot{Y}}{Y}, \quad (15)$$

онда

$$Y = \frac{6(n+1)}{2n+1} a^{-3}. \quad (16)$$

Де Ситтер шешімін қарастырайық $a = e^t$, онда

$$u = u_0 e^{-3t}, \quad Y = \frac{6(n+1)}{2n+1} e^{-3t}, \quad f = \frac{-12(n+1) - 2u_0}{2n+1} e^{(3n-3)t}. \quad (17)$$

Қорытындылай келе біз Хорава-Лифшиц гравитациясын зерттеуде осы шешімдер алдық.

Берілген зерттеулер ҚР БҒМ гранттық қаржыландырылған АР08052197

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. S. Boran and E. O. Kahya, Adv. High Energy Phys. 2014, 282675 (2014).
2. Perlmutter S. et al; Measurements of omega and lambda from 42 high-redshift supernovae. The Astrophysical Journal, 517, N2, 565-586 (1999).
3. Riess et al. Observational evidence from supernovae for an accelerating universe and a cosmological constant. The Astronomical Journal, 116, N3, 1009-1038 (1998).
4. Peebles P.J.E., Ratra B. The cosmological constant and dark energy. Reviews of Modern Physics, 75, 559-606 (2003).
5. Copeland E.J., Sami M., and Tsujikawa S. Dynamics of dark energy. International Journal of Modern Physics D, 15, 1753 (2006).
6. Amendola L., Tsujikawa S. Dark energy: Theory and observations. Cambridge University Press. 491 (2010).
7. Chiba T., Okabe T., Yamaguchi M. Kinetically driven quintessence. Physical Review D, 62, N2, 3511 (2000).
8. Tsujikawa S. Quintessence: A Review. Classical and Quantum Gravity, 30, 214003 (2013).
9. Khurshudyan M., Chubaryan E. and Pourhassan B. Interacting Quintessence Models of Dark Energy. International Journal of Theoretical Physics, 53, 2370-2378 (2014).
10. Caldwell R.R. A Phantom Menace Cosmological consequences of a dark energy component with super-negative equation of state. Physical Letters B, 545, 23-27 (2002).
11. Armendariz-Picon C., Mukhanov V.F., Steinhardt P.J. Essentials of k-essence. Physical Review D, 63, N10, 3510 (2010).
12. Jamil M., Momeni D., Serikbayev N.S. and Myrzakulov R. FRW and Bianchi type I cosmology of f-essence. Astrophysics and Space Science, 339, 37 (2012).
13. Bamba K., Razina O., Yerzhanov K., Myrzakulov R. Cosmological evolution of equation of state for dark energy in G-essence models. International Journal of Modern Physics D. 22 1350023 (2013).
14. Yerzhanov K.K., TsybaP.Yu., MyrzakulSh.R., Kulnazarov I.I., Myrzakulov R. Accelerated expansion of the Universe driven by G-essence.
15. Buchdahl H.A. Non-linear Lagrangians and cosmological theory. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 150, 1-8 (1970).
16. Nojiri S., Odintsov S.D., Saez-Gomez D. Cosmological reconstruction of realistic modified F(R) gravities. Physics Letters B, 681, N74, 74-80 (2009).