ӘОЖ 524.83

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

Дюсенова Дариға Нұрланқызы
darigadyussenova@mail.ru
Л. Н. Гумилев атындағы ЕҰУ Теоретикалық математика және ғылыми есептеу институтының ғылыми қызметкері, Нұр – Сұлтан, Қазақстан
Ғылыми жетекшісі – К. Ержанов

Симметрия әдістерін қолданудың физикада ұзақ тарихы бар. Ол сақталу заңдарын береді. Осылайша, Стандартты модель жергілікті өлшеуіш симметрияға негізделген. Стандартты үлгіні құру үшін пайдаланылған Ян-Миллс теориясы, атап айтқанда, Славнов-

Тейлор-Уорд-Такахаши сәйкестіктерін пайдаланады. Мұнда біз Уорд-Такахаши сәйкестендіруінің аналогын қолданамыз, бұл Нетер симметриясы. Басқаша айтқанда, сақталу заңдары Нетер теорлемасының көрінісі деп айта аламыз. Осы теоремаға сәйкес, Лагранжиан – Эйлер – Лагранж теңдеулер жүйесімен сипаттайтын координаталары бар динамикалық жүйе үшін X векторлық өрісі бар, ол үшін X бойынша Лагранжиан туындысын нөлге айналдыру керек.

Нетер симметрияларына негізделген тәсіл

Біз ең алдымен FRW метрикасын қарастырамыз, сызық элементі $ds^2 = dt^2 - a(t)^2(dx^2 + dy^2 + dz^2)$. FRW метрикасындағы әрекет

$$S = 2\pi^2 \int dt\, a^3 \left(F - \lambda_1 \left[T - u + 6\left(\frac{\ddot{a}}{a} + \frac{\dot{a}^2}{a^2}\right)\right] - \lambda_2 \left[Q - v + 6\left(\frac{\dot{a}^2}{a^2}\right)\right] - \lambda_3 \left[X - \frac{1}{2}\dot{\varphi}^2\right]\right). \quad (1)$$

Осы модель үшін Эйлер – Лагранж теңдеулерін келесі түрде жаза аламыз

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial \dot{a}} = \frac{\partial L}{\partial a}, \quad \frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial \dot{T}} = \frac{\partial L}{\partial T}, \quad \frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial \dot{Q}} = \frac{\partial L}{\partial Q},$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial \dot{X}} = \frac{\partial L}{\partial X}, \quad \frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}} = \frac{\partial L}{\partial \varphi}, \quad (2)$$

Энергетикалық жағдайымен

$$E_L = \frac{\partial L}{\partial \dot{a}}\dot{a} + \frac{\partial L}{\partial \dot{T}}\dot{T} + \frac{\partial L}{\partial \dot{Q}}\dot{Q} + \frac{\partial L}{\partial \dot{X}}\dot{X} + \frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}}\dot{\varphi} - L = 0. \quad (3)$$

мұндағы

$$T = -6\frac{\dot{a}}{a} + u, \quad (4)$$

$$Q = 6\frac{\dot{a}}{a} + v, \quad (5)$$

$$X = \frac{1}{2}\dot{\varphi}^2. \quad (6)$$

F(T, Q, X, φ) бұдан әрі F ретінде белгіленеді. Әрекетті T, Q және X - ке қатысты өзгертіп, келесі теңдеулерді аламыз

$$\lambda_1 = F_T, \qquad \lambda_2 = F_Q, \qquad \lambda_3 = F_X. \quad (7)$$

F_T мұндағы F-тің T-дан алған туындысы, F_Q мұндағы F-тің Q -дан алған туындысы ал F_X – F -тің X-тан алған туындысы. Бөлшектер бойынша интегралдағаннан кейін, Лагранжиан келесі түрмен жазылады

$$L = a^3\left[F - (T-u)F_T - (Q-\vartheta)F_Q\right] + 6a\dot{a}^2\left[F_T - F_Q\right] +$$

$$+6a^2\dot{a}\left[\dot{T}F_{TT} + \dot{Q}_{F_{TQ}} + \dot{X}F_{TX} + \dot{\varphi}F_{T\varphi}\right] - a^3F_X\left[X - \frac{1}{2}\dot{\varphi}^2\right]. \quad (8)$$

Лагранжиан үшін Нетердің симметрия шартын келесі түрде жаза аламыз

$$XL = 0 \quad (9)$$

мұндағы

$$X = \alpha\frac{\partial}{\partial a} + \beta\frac{\partial}{\partial T} + \gamma\frac{\partial}{\partial Q} + \delta\frac{\partial}{\partial X} + \epsilon\frac{\partial}{\partial \varphi} + \dot{\alpha}\frac{\partial}{\partial \dot{a}} + \dot{\beta}\frac{\partial}{\partial \dot{T}} + \dot{\gamma}\frac{\partial}{\partial \dot{Q}} + \dot{\delta}\frac{\partial}{\partial \dot{X}} + \dot{\epsilon}\frac{\partial}{\partial \dot{\varphi}} \quad (10)$$

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$ функциялары a, T, Q, X, φ айнымалыларына тәуелді, осыдан

$$\dot{\alpha} = \alpha_a \dot{a} + \alpha_T \dot{T} + \alpha_Q \dot{Q} + \alpha_X \dot{X} + \alpha_\varphi \dot{\varphi}, \tag{11}$$

$$\dot{\beta} = \beta_a \dot{a} + \beta_T \dot{T} + \beta_Q \dot{Q} + \beta_X \dot{X} + \beta_\varphi \dot{\varphi}, \tag{12}$$

$$\dot{\gamma} = \gamma_a \dot{a} + \gamma_T \dot{T} + \gamma_Q \dot{Q} + \gamma_X \dot{X} + \gamma_\varphi \dot{\varphi}, \tag{13}$$

$$\dot{\delta} = \delta_a \dot{a} + \delta_T \dot{T} + \delta_Q \dot{Q} + \delta_X \dot{X} + \delta_\varphi \dot{\varphi}, \tag{14}$$

$$\dot{\epsilon} = \epsilon_a \dot{a} + \epsilon_T \dot{T} + \epsilon_Q \dot{Q} + \epsilon_X \dot{X} + \epsilon_\varphi \dot{\varphi}. \tag{15}$$

Нетер симметриясын құрастырамыз. Нетер симметриясын $\dot{a}^2, \dot{T}^2, \dot{Q}^2, \dot{X}^2, \dot{\varphi}^2, \dot{a}\dot{T}, \dot{a}\dot{Q}, \dot{a}\dot{X}, \dot{a}\dot{\varphi}, \dot{T}\dot{Q}, \dot{T}\dot{X}, \dot{T}\dot{\varphi}, \dot{Q}\dot{X}, \dot{Q}\dot{\varphi}, \dot{X}\dot{\varphi}$ бөліктеріне бөліп, әрқайсысын жеке қарастырамыз. $\alpha_T, \alpha_Q, \alpha_X = 0$ болғандықтан $\dot{T}^2, \dot{Q}^2, \dot{X}^2 = 0$.

Келесі $\dot{T}\dot{\varphi}, \dot{Q}\dot{\varphi}$ және $\dot{X}\,\dot{\varphi}$ теңдеулерін біріктіре аламыз. Бұл бізге келесі теңдеулер жүйесін береді

$$F_{TT} F_{XQ} = F_{TQ} F_{XT}\ , \tag{16}$$

$$F_{TQ} F_{XX} = F_{TX} F_{XQ}, \tag{17}$$

$$F_{TT} F_{XX} = {F_{TX}}^2. \tag{18}$$

Мұндағы соңғы теңдеу біртекті Монж – Ампер теңдеулері. Кейбір есептеулерден кейін олардың еркіті константалармен шешімін келесі түрде жазуға болады

$$F = C_1 T + C_2 X + C_3 Q + (C_4 T + C_5 X + C_6 Q)^2 + \mathrm{C}(\varphi). \tag{19}$$

Келесі $\dot{a}\dot{T}, \dot{a}\dot{Q}$ және $\dot{a}\dot{X}$ теңдеулерін біріктіру

$$\beta F_{TT} + \gamma F_{TQ} + \delta F_{TX} + \epsilon F_{T\varphi} = \frac{-2\alpha_T F_T - \alpha_a a F_T + const}{a}, \tag{20}$$

$$\beta F_{TT} + \gamma F_{TQ} + \delta F_{TX} + \epsilon F_{T\varphi} = \frac{-2\alpha_T F_Q - \alpha_a a F_T + const}{a}, \tag{21}$$

$$\beta F_{TT} + \gamma F_{TQ} + \delta F_{TX} + \epsilon F_{T\varphi} = \frac{-\,2\alpha_T F_X - \alpha_a a F_T + const}{a}. \tag{22}$$

$\dot{\varphi}^2, \dot{a}^2$ және $\dot{a}\dot{\varphi}$ бойынша келесі теңдеулері алынады:

$$\dot{\varphi}^2: \quad \epsilon_\varphi a^3 F_X + 6\alpha_\varphi a^2 F_{T\varphi} + \alpha \tfrac{3}{2} a^2 F_X + \beta \tfrac{1}{2} a^3 F_{XT} + $$

$$+ \gamma \tfrac{1}{2} a^3 F_{XQ} + \delta \tfrac{1}{2} a^3 F_{XX} + \epsilon \tfrac{1}{2} a^3 F_{X\varphi} = 0, \tag{23}$$

$$\dot{a}^2: \quad 6a^2 \left[\beta F_{TT} + \gamma F_{TQ} + \ \delta F_{TX} + \epsilon F_{T\varphi}\right]_a = -$$

$$-6\alpha \left[F_T - F_Q\right] - 12\alpha_\varphi a \left[F_T - F_Q\right] -$$

$$6a\left[\beta F_{TQ} + \gamma F_{QQ} + \ \delta F_{QX} + \epsilon F_{Q\varphi}\right], \tag{24}$$

$$\dot{a}\dot{\varphi}: \quad \left[\beta F_{TT} + \gamma F_{TQ} + \ \delta F_{TX} + \epsilon F_{T\varphi}\right]_a = \frac{-12\alpha_\varphi a\left[F_T - F_Q\right] - 12\alpha a F_{T\varphi} - 6\alpha a^2 F_{T\varphi}}{6a^2}. \tag{25}$$

Скалярлық өрісі және F(T), F(Q) – ауырлық күші F(T, Q, X, φ) ең жалпы түріндегі модельді Нетер симметрия әдісі арқылы қарастырдық. Нетер симметриясын скаляр өрісі бар модельдерге қолдану тұрғысынан біздің жұмысымыз түпнұсқа емес. Мұндағы жаңалық жаңа нәтижелер беретін гравитацияның жалпыланған моделіне Нетер симметриясын қолдануда ғана.Сондай-ақ осы модель үшін Эйлер-Лагранж теңдеулері алынды. Жалпы жағдайда, Лагранжиан шешімі күрделі шешімдерді қамтуы мүмкін. Осылайша, бұралу скалярының, метрикалық емес скалярының және скаляр өрістің кинетикалық мүшесінің әсері ескерілген модельдерде оларды жалпы аргумент ретінде олардың C1 қосындысы түрінде қабылдау керек екендігі көрсетілген. (φ)R+C2(φ)T +C3(φ)X. Жалпы алғанда біздің нәтижелеріміз Монж-Ампер теңдеулерінің шешімдері болып табылады.

Қорытып айтатын болсақ, гравитацияның жалпыланған моделі аясында космологияны зерттеп, есептеулер шығарылды. Табылған шешімдер физиканың басқа салаларында қосымшаға ие болуы мүмкін.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. D. Iosifidis, R. Myrzakulov, K. Yerzhanov et al. *Metric – Affine Vector – Tensor Correspondence and Implications in F (R, T, Q, D) gravity.* [arXiv:2111.14214v1].
2. K. Yerzhanov, N. Myrzakulov, R. Myrzakulov, K. Yesmakhanova et al. *Generalized gravity theory with curvature, torsion and nonmetricity.* International journal of modern physics D. 2021
3. S. Perlmutter, G. Aldering, G. Goldhaber et al. Measurements of Ω and Λ from 42 High-Redshift Supernovae. Astroph. J. 1999. Vol.517, No2, P.565-586.
4. A.G. Riess, A.V. Filippenko, P. Challis et al. Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant. Astron. J., Bibliography 9, 1988. Vol.116, No3, P.1009/176