ӘОК 524.834

«ФЕРМИОНДЫҚ ӨРІСТІ $F(R)$ ГРАВИТАЦИЯСЫНДАҒЫ ҒАЛАМНЫҢ КЕШ ИНФЛЯЦИЯСЫ»

Серикова Маржан Шынбосинқызы[1], Ергалиева Гульмира Темирешевна[2]
marzhan.serikova1997@mail.ru.
[1]Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Физика-техникалық факультетінің студенті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
[2]Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Физика-техникалық факультетінің докторанты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Ғылыми жетекшісі-Қ.Р.Мырзақұлов

Соңғы жылдары ғаламның эволюциясын сипаттау үшін гравитацияның әртүрлі ньютондық теорияларын пайдаланады. Мұндай теорияның бірі-гравитация теориясы. Бұл жұмыста Фридман-Робертсон-Уокер метрикасы үшін фермионды өрістері бар гравитацияда ғарыш моделін қарастырамыз.

Біз қарастыратын әсер мына түрде берілсін:

$$S=\int d^4x\sqrt{-g}\left\{F(\Psi)f(R)+\frac{i}{2}\left[\bar{\psi}\Gamma^{\mu}\left(\vec{\partial}_{\mu}-\Omega_{\mu}\right)\psi-\bar{\psi}\left(\overleftarrow{\partial}_{\mu}+\Omega_{\mu}\right)\Gamma^{\mu}\psi\right]-V(\Psi)\right\}, \quad (1)$$

(1) әсерімен бірге, Фридман-Робертсон-Уокер метрикасын қарастырайық:

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

Бұлар ауқымды фактор болып табылады. (1) метрика үшін келесі өрнектер бар.

$$\sqrt{-g}=a^3,\quad R=-6\left(\frac{\ddot{a}}{a}+\frac{\dot{a}^2}{a^2}\right),\quad \frac{i}{2}\left[\overline{\psi}\Gamma^{\mu}\left(\vec{\partial}_{\mu}-\Omega_{\mu}\right)\psi-\overline{\psi}\left(\overleftarrow{\partial}_{\mu}+\Omega_{\mu}\right)\Gamma^{\mu}\psi\right]=\frac{i}{2}\left(\overline{\psi}\gamma^0\dot{\psi}-\dot{\overline{\psi}}\gamma^0\psi\right) \tag{3}$$

Осы өрнектерді ескере отырып, (1) әсерді (2) метрика үшін былай жазуымызға болады:

$$S=\int d^4xa^3\left[Ff-Ff_R\left(R+6\frac{\ddot{a}}{a}+6\frac{\dot{a}^2}{a^2}\right)+\frac{i}{2}\left(\overline{\psi}\gamma^0\dot{\psi}-\dot{\overline{\psi}}\gamma^0\psi\right)-V(\Psi)\right]. \tag{4}$$

Онда, (2) метрика үшін Лагранж функциясын анықтаймыз.

$$\begin{gathered}L=a^3Ff-a^3FRf_R+6a\dot{a}^2Ff_R+6a^2\dot{a}f_RF'\dot{\overline{\psi}}\psi+6a^2\dot{a}f_RF'\overline{\psi}\dot{\psi}+6a^2\dot{a}F\dot{R}f_{RR}+\\+\frac{i}{2}a^3\left(\overline{\psi}\gamma^0\dot{\psi}-\dot{\overline{\psi}}\gamma^0\psi\right)+a^3V\end{gathered} \tag{5}$$

Қозғалыс теңдеулерін алу үшін Эйлер теңдеулері сонымен қатар,Лагранж және нөлдік энергия шарты қолданылады.

$$\frac{\partial L}{\partial a}-\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial\dot{a}}=0 \tag{6}$$

$$\frac{\partial L}{\partial R}-\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial\dot{R}}=0 \tag{7}$$

$$\frac{\partial L}{\partial\psi}-\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial\dot{\psi}}=0\,, \tag{8}$$

$$\frac{\partial L}{\partial\overline{\psi}}-\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial\dot{\overline{\psi}}}=0\,, \tag{9}$$

$$E=\frac{\partial L}{\partial\dot{a}}\dot{a}+\frac{\partial L}{\partial\dot{R}}\dot{R}+\frac{\partial L}{\partial\dot{\psi}}\dot{\psi}+\frac{\partial L}{\partial\dot{\overline{\psi}}}\dot{\overline{\psi}}-L=0\,, \tag{10}$$

(3) ФРУ метрикасы үшін, Лагранж функциясын (4) пайдаланып, қозғалыс теңдеулерін аламыз.

$$R=-6\frac{\dot{a}^2}{a^2}-6\frac{\ddot{a}}{a}\,, \tag{11}$$

$$p=\frac{1}{4}i\left(\overline{\psi}\gamma^0\dot{\psi}-\dot{\overline{\psi}}\gamma^0\psi\right)-\frac{1}{2}V\,, \tag{12}$$

$$\begin{gathered}\dot{\overline{\psi}}+\frac{3}{2}\frac{\dot{a}}{a}\overline{\psi}+i\frac{V}{2}\overline{\psi}\gamma^0-\\-\frac{i}{2}\left[\left(R-6\frac{\ddot{a}}{a}-6\frac{\dot{a}^2}{a^2}\right)\cdot F'\overline{\psi}\gamma^0-6\frac{\dot{a}}{a}\left(F'\right)_t\overline{\psi}\gamma^0+6\frac{\dot{a}}{a}\left(F'\right)_{\psi}\dot{u}\gamma^0\right]f_R+\frac{i}{2}fF'\overline{\psi}\gamma^0=0\end{gathered} \tag{13}$$

$$\dot{\psi}+\frac{3}{2}\frac{\dot{a}}{a}\psi-\frac{V}{2}i\psi\gamma^{0}+$$
$$+\frac{i}{2}\left[\left(R-6\frac{\ddot{a}}{a}-6\frac{\dot{a}^{2}}{a^{2}}\right)\cdot F'\psi\gamma^{0}-6\frac{\dot{a}}{a}\left(F'\right)_{t}\psi\gamma^{0}+6\frac{\dot{a}}{a}\left(F'\right)_{\overline{\psi}}\dot{u}\gamma^{0}\right]f_{R}-\frac{i}{2}fF'\psi\gamma^{0}=0 \qquad (14)$$

(10) нөлдік энергия шартын пайдалана отырып, мына теңдеуді аламыз.

$$E=\frac{\partial L}{\partial\dot{a}}\dot{a}+\frac{\partial L}{\partial\dot{R}}\dot{R}+\frac{\partial L}{\partial\dot{\psi}}\dot{\psi}+\frac{\partial L}{\partial\dot{\overline{\psi}}}\dot{\overline{\psi}}-L=0$$
$$V=6H^{2} \qquad (15)$$

мұндағы $H=\dot{a}/a$ - Хаббл параметрін білдіреді.

Келесі қадам. спинор өрісі (12) және түйіндесі (13) арқылы шыққан теңдеулерді қолданып, мына шешімді аламыз.

$$\dot{u}+3\frac{\dot{a}}{a}u=0 \qquad (16)$$

(15)-ші қозғалыс теңдеуін пайдалана отырып, де-Ситтер шешімін аламыз:де-Ситтер шешімін алу үшін, идеал сұйық үшін күй теңдеуін $p=\omega\rho$ қолдана отырып, ω -нің мәнін табамыз.

Идеал сұйық үшін күй теңдеуінің математикалық түрі мына түрде жазылады:

$$\ddot{a}=-\frac{\dot{a}^{2}}{2a}\left(1+3\omega\right) \qquad (17)$$

$\ddot{a}\geq 0$ оң шама болуы тиіс.

$$3\frac{\dot{a}}{a}\dot{R}f_{RR}+\left(3\frac{\dot{a}^{2}}{a^{2}}+\frac{1}{2}R+3\frac{\dot{a}}{a}\frac{\dot{F}}{F}\right)f_{R}-\frac{f}{2}-\frac{V}{2F}=0 \qquad (18)$$
$$h=1, f\left(R\right)=R, V\left(U\right)=V_{0}U$$
$$a=e^{\lambda t}, \dot{a}=\lambda e^{\lambda t}, \ddot{a}=\lambda^{2}e^{\lambda t} \qquad (18.1)$$

(17)-ші теңдеуге (18) және (18.1) шешімдерін қоятын болсақ, соңғы шешім мына түрде болады.

$$\omega=-1 \qquad (19)$$

$\omega=-1$ қара энергияның моделіне сәйкес келеді.Бұл нәтиже Ғаламның кеңіп бара жатқандығын сипаттайды.Қазіргі заманғы астрономиялық бақылаудың деректеріне қайшы келмейді.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Capozziello S., De Laurentis M., Paolella M. Cosmological inflation in $F(R,G)$ gravity// Phys. Rev. D .2015.-Vol.91.P.531.
2. Myrzakulov R., Odintsov S., Sebastiani L. Inflationary universe from higher-derivative quantum gravity. // Phys. Rev. D. 2015. P. 3529.

3. Bamba K. Parity-violating interactions of cosmic fields with atoms, molecules, and nuclei: Concepts and calculations for laboratory searches and extracting limits // Phys. Rev. D. 2014. P. 483-505.