УДК 524.834

КОСМОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБОБЩЕННОЙ $F(R,T)$ – ГРАВИТАЦИИ С f-ЭССЕНЦИЕЙ

Назарова Нұргүл Ғарімжанқызы
nazarova080618@gmail.com
Магистрант 1-курса специальности 7M05304 – Физика,
кафедра общей и теоретической физики,
ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Научный руководитель – Ержанов К.К., Алтайбаева А.Б.

Для описания наблюдаемого ускоренного расширения Вселенной часто используют обобщение общей теории относительности. В частности, используется обобщение в виде $F(R,T)$ модели гравитации. Как обобщение более высокого порядка можно учесть наличие фермионной материи в модели. Таким образом рассмотримобобщенную$F(R,T)$космологическуюмодельс фермионным полем в виде f-эссенции

$$S=\int d^4x\sqrt{-g}\left\{\frac{1}{2}h(u)F(R,T)+Y-V(u)\right\}, \tag{1}$$

здесь$Y=\frac{i}{2}[\bar{\psi}\Gamma^{\mu}(\overrightarrow{\partial_{\mu}}-\Omega_{\mu})\psi-\bar{\psi}(\overleftarrow{\partial_{\mu}}+\Omega_{\mu})\Gamma^{\mu}\psi]$ – канонический кинетический член.
Это действие можно переписать врамкахФРУметрикикак

$$S=\int d^4x a^3\,(\frac{1}{2}h(u)F(R,T)-\frac{hF_R}{2}\left(R-6\left(\frac{\ddot{a}}{a}+\frac{\dot{a}^2}{a^2}\right)-u\right)-$$
$$-\frac{hF_T}{2}\left(T-6\frac{\dot{a}^2}{a^2}-v\right)+Y-V). \tag{2}$$

Запишем лагранжиан этой модели в виде:

$$L=\frac{ha^3}{2}(F-TF_T-RF_R+uF_R+vF_R)+3ha\dot{a}^2(F_T-F_R)-$$
$$-3\dot{h}\dot{a}a^2\left(\dot{R}F_{RR}+\dot{T}F_{RT}\right)-3h'\left(\dot{\bar{\psi}}\psi+\bar{\psi}\dot{\psi}\right)\dot{a}a^2F_R+a^3Y-a^3V. \tag{3}$$

Подставляя полученный лагранжиан в уравнения Эйлера-Лагранжаполучим в частности следующее уравнение по масштабному фактору

$$\frac{ha^3}{2}(-F_{TR}T-F_{RR}R)+3ha\dot{a}^2(F_{TR}-F_{RR})=-3h\ddot{a}a^2F_{RR}-6ha\dot{a}^2F_{RR},$$
$$\frac{1}{2}(-TF_{TR}-F_{RR}R)+3\frac{\dot{a}^2}{a^2}(F_{TR}-F_{RR})=-3\frac{\ddot{a}}{a}F_{RR}-6\frac{\dot{a}^2}{a^2}F_{RR},$$
$$\frac{1}{2}(TF_{TR}+RF_{RR})-3\dot{H}F_{RR}-6H^2F_{RR}-3H^2F_{TR}=0. \tag{4}$$

Уравнение фермионного поля для этой модели будет иметь вид

$$\dot{\bar{\psi}}+ih'\left(\frac{F}{2}-\frac{1}{2}(TF_T+RF_R)+3H^2(F_R+F_T)+3H^2F_R+3\dot{H}F_R\right)\bar{\psi}\gamma^0-iV'\bar{\psi}\gamma^0+\frac{3}{2}H\bar{\psi}=0. \tag{5}$$

Как дополнительное уравнение возможно использовать условие минимальной энергии, которое будет иметь вид

$$\frac{3\dot{a}^2}{a^2}(F_T - F_R) - \frac{1}{2}(F - TF_T - RF_R) - \frac{3\dot{h}}{h}\frac{\dot{a}}{a}F_R - 3\frac{\dot{a}}{a}\left(F_{RR}\dot{R} + \dot{T}F_{RT}\right) + \frac{V}{h} =$$
$$= 3H^2(F_T - F_R) - \frac{1}{2}(F - TF_T - RF_R) - \frac{3\dot{h}}{h}HF_R - 3H\left(F_{RR}\dot{R} + \dot{T}F_{RT}\right) + \frac{V}{h} = 0. \quad (6)$$

Имеющихся уравнений недостаточно для решения, так как число переменных здесь больше чем число уравнений. Восполнить недостающее количество можно с помощью свойств симметрии. В частности, система уравнений, полученная из симметрии Неттер будет иметь вид:

$$\dot{a}^2:$$
$$\alpha 3h(F_T - F_R) + \beta 3ha(F_{TR} - F_{RR}) + \gamma 3ha(F_{TT} - F_{RT}) + \alpha_a 6ha(F_T - F_R) -$$
$$-\beta_a 3ha^2 F_{RR} - \gamma_a 3a^2 h F_{RT} - \delta_a 3h'\bar{\psi}a^2 F_R - \epsilon_a 3h'\psi a^2 F_R = 0, \quad (7)$$

$$\dot{R}^2:$$
$$-3\alpha_R h a^2 F_{RR} = 0, \quad (8)$$
$$\dot{T}^2:$$
$$-3\alpha_T h a^2 F_{RT} = 0, \quad (9)$$

$$\dot{\psi}^2:$$
$$-\alpha_\psi 3h' a^2 F_R \bar{\psi} = 0, \quad (10)$$

$\dot{\bar{\psi}}^2$:

$$-\alpha_{\bar{\psi}} 3h' a^2 F_R \psi = 0, \quad (11)$$

$\dot{a}\dot{R}$:

$$-\alpha 6haF_{RR} - \beta 3ha^2 F_{RRR} - \gamma 3ha^2 F_{RRT} - \alpha_a 3ha^2 F_{RR} + \alpha_R 6ha(F_T - F_R) -$$
$$-\beta_R 3ha^2 F_{RR} - \gamma_R 3ha^2 F_{RT} - \delta_R 3h'\bar{\psi}a^2 F_R - \epsilon_R 3h'\psi a^2 F_R = 0, \quad (12)$$

$\dot{a}\dot{T}$:

$$-\alpha 6haF_{RT} - \beta 3ha^2 F_{RRT} - \gamma 3ha^2 F_{RTT} - \alpha_a 3ha^2 F_{RT} + \alpha_T 6ha(F_T - F_R) -$$
$$-\beta_T 3ha^2 F_{RR} - \gamma_T 3ha^2 F_{RT} - \delta_T 3h'\bar{\psi}a^2 F_R - \epsilon_T 3h'\psi a^2 F_R = 0, \quad (13)$$

$\dot{a}\dot{\psi}$:

$$-\alpha 6h'\bar{\psi}aF_R - \epsilon 3h'a^2 F_R - \gamma 3h'a^2 F_{RT}\bar{\psi} - \beta 3h'a^2 F_{RR}\bar{\psi} + \alpha_\psi 6ha(F_T - F_R) -$$
$$-\beta_\psi 3ha^2 F_{RR} - \gamma_\psi 3ha^2 F_{RT} - \delta_\psi 3h'\bar{\psi}a^2 F_R - \epsilon_\psi 3h'\psi a^2 F_R = 0, \quad (14)$$

$\dot{a}\dot{\bar{\psi}}$:

$$-\alpha 6h'\psi aF_R - \delta 3h'a^2 F_R - \gamma 3h'a^2 F_{RT}\psi - \beta 3h'a^2 F_{RR}\psi + \alpha_{\bar{\psi}} 6ha(F_T - F_R) -$$
$$-\beta_{\bar{\psi}} 3ha^2 F_{RR} - \gamma_{\bar{\psi}} 3ha^2 F_{RT} - \delta_{\bar{\psi}} 3h'\bar{\psi}a^2 F_R - \epsilon_{\bar{\psi}} 3h'\psi a^2 F_R = 0, \quad (15)$$

$\dot{R}\dot{T}$:

$$-\alpha_T 3ha^2 F_{RR} - \alpha_R 3ha^2 F_{RT} = 0, \quad (16)$$

$\dot{R}\dot{\psi}$:

$$-\alpha_R 3h'\bar{\psi}a^2 F_R - \alpha_\psi 3ha^2 F_{RR} = 0, \quad (17)$$

$\dot{R}\dot{\bar{\psi}}$:

$$-\alpha_R 3h'\psi a^2 F_R - \alpha_{\bar{\psi}} 3ha^2 F_{RR} = 0, \tag{18}$$

$\dot{T}\dot{\psi}$:

$$-\alpha_T 3h'\bar{\psi} a^2 F_R - \alpha_{\psi} 3ha^2 F_{RT} = 0, \tag{19}$$

$\dot{T}\dot{\bar{\psi}}$:

$$-\alpha_T 3h'\psi a^2 F_R - \alpha_{\bar{\psi}} 3ha^2 F_{RT} = 0, \tag{20}$$

Эта система уравнений слишком сложна для получения общего решения. Но возможно найти ее частные решения. Одним из таких частный решений этой системы уравнений для данной модели будет степенная модель с масштабным фактором в виде

$$a(t) = \left(\frac{2}{-nta_0 + 9ta_0 + 2C_1}\right)^{\frac{2}{9+n}}. \tag{21}$$

Здесь n, a_0, C_1 - константы.

То есть здесь показано что исследуемая обобщенная космологическая модель, может описать не только, например, эволюцию ранней Вселенной в момент первоначальной инфляции. Но и современное состояние Вселенной, которое описывается степенной моделью. В частности, данная модель описывает как пылевидную стадию состояния Вселенной, так и радиационный этап ее эволюции.

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан AP08957287.

Список использованных источников

1. R. Myrzakulov. FRW Cosmology in $F(R,T)$ gravity. European physical journal C, 72, N11, 2203 (2012). [arXiv:1207.1039]
2. M. Sharif, S. Rani, R. Myrzakulov. Analysis of$F(R,T)$ Gravity Models Through Energy Conditions. Eur. Phys. J. Plus, 128, N11, 123 (2013). [arXiv:1210.2714]
3. A. Pasqua, S. Chattopadhyay, R. Myrzakulov. A dark energy with higher order derivatives of H in the modified gravity $f(R,T)$. ISRN High Energy Phys. 2014 (2014) 535010. [arXiv:1306.0991]
4. K. Bamba, R. Myrzakulov, O. Razina, K. Yerzhanov. Cosmological evolution of equation of state for dark energy in g-essence models. International journal of moderm physics D, V. 22 (6), 1350023, 2013