

ӘОЖ 542.83

ЧАПЛЫГИН ГАЗЫНЫҢ КОСМОЛОГИЯЛЫҚ МОДЕЛІНІҢ ДӘРЕЖЕЛІК ШЕШІМІ

Мәлік Диана Нұрланқызы

diana.malik.00@inbox.ru

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университетінің студенті,

Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Ғылыми жетекші-Рафина О.В.

Чаплыгин газының күй теңдеуі [1-5]

$$p = -\frac{A}{\rho^\alpha}, \quad (1)$$

мұндағы p - қысым, ρ - тығыздық, A - оң тұрақты, α - Чаплыгин газының стандартты моделінде бірлікке тең болатын көрсеткіш. Бұл теңдеу ұшақтың қанатының көтеру күшін зерттеу үшін қолданылған және оны алғаш рет 1904 жылы С.Чаплыгин ашқан. Космологиялық көріністер үшін бұл теңдеу қолданылды. f-эссенции моделін қарастырымыз.

Бұл жағдайда әсер

$$S = \int d^4x \sqrt{-g} [R + 2K(Y, \psi, \bar{\psi})], \quad (2)$$

мұндағы g - метрикалық тензор, R - скалярлық қисықтық, $K(Y, \psi, \bar{\psi})$ - фермиондық өріс кезіндегі Лагранжиан, ол оның аргументтерінің функциясы болып табылады, ψ - фермиондық өріс функциясы, $\bar{\psi}$ - оның байланыс функциясы, Y - фермиондық өріс кезіндегі

кинетикалық мүше мынаған тең $Y = 0.5i \left(\bar{\psi} \gamma^0 \dot{\psi} - \dot{\bar{\psi}} \gamma^0 \psi \right)$.

f-эссенцияға арналған әсер біртекті, изотропты және кеңістіктік тегіс Фридман-Робертсон-Уокер метрикасымен (ФРУ) бірге зерттеледі.

$$ds^2 = -dt^2 + a^2(t)(dx^2 + dy^2 + dz^2), \quad (3)$$

мұндағы $a(t)$ - масштабты фактор.

Зерттелетін f-эссенция моделінің динамикалық теңдеулерін аламыз

$$3H^2 = \rho, \quad (4)$$

$$3H^2 + 2\dot{H} = -p, \quad (5)$$

$$K_Y \dot{\psi} + \frac{1}{2} \left(3HK_Y + \dot{K}_Y \right) \psi - i\gamma^0 K_{\bar{\psi}} = 0, \quad (6)$$

$$\dot{\bar{\psi}} K_Y + \frac{1}{2} \left(3HK_Y + \dot{K}_Y \right) + i\gamma^0 K_{\psi} = 0, \quad (7)$$

$$\dot{\rho} + 3H(\rho + p) = 0, \quad (8)$$

мұндағы күңгірт энергияның тығыздығы мен қысымы тең

$$\begin{aligned} \rho &= YK_Y - K, \\ p &= K. \end{aligned}$$

$\alpha = \frac{1}{2}$ -ге тең деп қарастырамыз

$$V = ((uB_0)^{\frac{3}{2}} + A)^{\frac{2}{3}}. \quad (9)$$

$u = C_0 a^{-3}$ шартты ескере отырып, біз қайта жазамыз

$$V = \left(\left(\frac{\tilde{N}_0 B_0}{a^3} \right)^{\frac{3}{2}} + A \right)^{\frac{2}{3}}. \quad (10)$$

Түрлендірулер жасап, интегралдасақ, a түрінде жазылған мәнді аламыз.

$$V = (A + Ba^{\frac{9}{2}})^{\frac{2}{3}}, \quad (11)$$

мұндағы $B = \tilde{N}_0^2 B_0^2$. (2.52) өрнектен шығады

$$\rho = (A + Ba^{\frac{9}{2}})^{\frac{2}{3}}, \quad (12)$$

Қысымды табатын болсақ

$$p = -A(A + Ba^{\frac{9}{2}})^{\frac{1}{3}}. \quad (13)$$

(4) теңдеуден H Хаббл параметрін табамыз

$$H = \pm 3^{-0.5} (A + Ba^{\frac{9}{2}})^{\frac{1}{3}}. \quad (14)$$

Фермиондық өріс функциясы Ψ және оның түйіндес функциясы $\bar{\Psi}$ векторлық түрде жазылған

$$\Psi = \begin{pmatrix} \psi_0 \\ \psi_1 \\ \psi_2 \\ \psi_3 \end{pmatrix},$$

$$\bar{\Psi} = (\bar{\psi}_0, \bar{\psi}_1, \bar{\psi}_2, \bar{\psi}_3).$$

Ψ үшін мәндерді $j = 0, 1$ мәнінде аламыз

$$\psi_j = c_j a^{-1.5} e^{-iD}, \quad (15)$$

$\bar{\Psi}$ үшін мәндерді аламыз

$$\bar{\psi}_l = c_l a^{-1.5} e^{iD}, \quad (16)$$

$l = 2, 3$ кезінде.

$$D = \pm \sqrt{3} \frac{B}{c} \int (a^{-\frac{5}{2}} (A + B a^{-\frac{9}{2}})^{\frac{2}{3}}) da, \quad (17)$$

мұндағы A, B, c_j, c_l - оң тұрақтылар [29-30]. Сонымен, $c = |c_0|^2 + |c_1|^2 - |c_2|^2 - |c_3|^2$.

Күй теңдеуінің параметрі

$$\omega = \frac{p}{\rho} = \frac{-A(A + B a^{-\frac{9}{2}})^{\frac{1}{3}}}{(A + B a^{-\frac{9}{2}})^{\frac{2}{3}}} = \frac{-A}{A + B a^{-\frac{9}{2}}} = -1 + \frac{B}{B + A a^{\frac{9}{2}}}. \quad (18)$$

Түрлендірулер жасап, интегралдасақ, $a = a_0 t^\lambda$ түрінде жазылған мәнді аламыз.

$$V = (A + B(a_0 t^\lambda)^{\frac{9}{2}})^{\frac{2}{3}}. \quad (19)$$

Тығыздығы

$$\rho = (A + B(a_0 t^\lambda)^{\frac{9}{2}})^{\frac{2}{3}}. \quad (20)$$

Қысымы

$$p = -A(A + B(a_0 t^\lambda)^{\frac{9}{2}})^{\frac{1}{3}}. \quad (21)$$

H Хаббл параметрі

$$H = \pm 3^{-\frac{1}{2}} (A + B(a_0 t^\lambda)^{\frac{9}{2}})^{\frac{1}{3}}. \quad (22)$$

Ψ үшін мәндерді аламыз

$$\psi_j = c_j (a_0 t^\lambda)^{\frac{3}{2}} e^{-iD}, \quad (23)$$

$j = 0, 1$ кезінде

$$\psi_l = c_l (a_0 t^\lambda)^{\frac{3}{2}} e^{iD}, \quad (24)$$

$l = 2, 3$ кезінде

$$D = \pm \sqrt{3} \frac{B}{c} \int [\lambda a_0^{-\frac{3}{2}} t^{-\frac{3\lambda-1}{2}} (A + B(a_0 t^\lambda)^{\frac{9}{2}})^{\frac{2}{3}}] dt. \quad (25)$$

Күй теңдеуінің параметрі

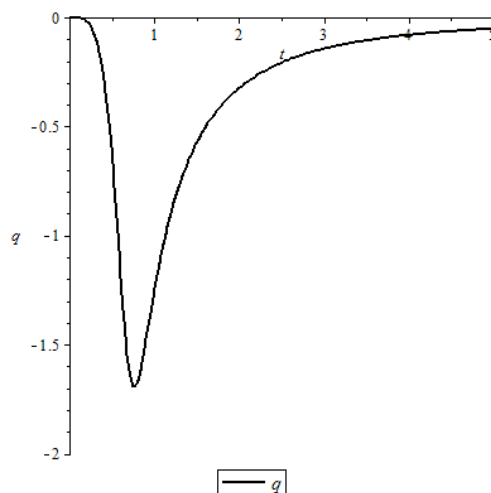
$$\omega = -1 + \frac{B}{B + A(a_0 t^\lambda)^{\frac{9}{2}}}. \quad (26)$$

Баяулау параметрін табайық

$$q = -\frac{\ddot{a}}{aH^2}. \quad (27)$$

Бұл жағдай үшін

$$q = -\frac{3\lambda(\lambda-1)t^{-2}}{\left(A + B(a_0 t^\lambda)^{\frac{9}{2}}\right)^{\frac{2}{3}}}. \quad (28)$$



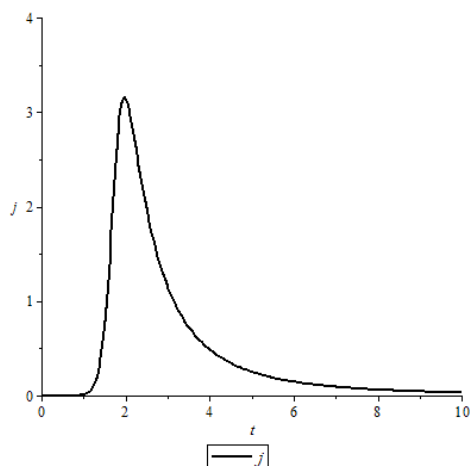
1- сурет. Баяулау q параметрінің t уақытына тәуелділігі

Секіру параметрін есептейік

$$j = \frac{\ddot{a}}{aH^3}, \quad (29)$$

Бұл жағдай үшін

$$j = \frac{\lambda(\lambda-1)(\lambda-2)t^{-3}}{3^{\frac{3}{2}} \left(A + B(a_0 t^\lambda)^{\frac{9}{2}} \right)} \quad (30)$$



2-сурет. Секіру j параметрінің t уақытына тәуелділігі
Негізгі шарт теңдеулерде орындалғанда жарамды

$$\left(\frac{a}{a_0} \right)^{\frac{1}{\lambda}} = \int \frac{\sqrt{3}}{a(Ba^{\frac{9}{2}} + A)^{\frac{1}{3}}} da. \quad (31)$$

Чаплыгиннің f-эссенциясы үшін экзотикалық сұйық газын қарастырдық және оның космологиялық салдарын зерттедік. Күй теңдеуі $p = -\frac{A}{\rho^\alpha}$ болатын Ғаламның біртектілігі

туындайтын жағдайларды қарастырамыз. Атап айтқанда, біз $\alpha = \frac{1}{2}$ кезінде фермиондық

Чаплыгин газының моделін қарастырдық. Қозғалыс теңдеулерінің дәл шешімдері f-эссенциясы лагранжианың $K = Y - V$ түрінде ие болған кезде табылды.

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырады AP09261147.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Allemandi G., Borowiec A., Francaviglia M., Odintsov S. D. Dark energy dominance and cosmic acceleration in first-order formalism // Physical Review. - 2005. - Vol 72. -P.063505.
2. Frieman J. A., Turner M. S., Huterer D. Dark energy and the accelerating universe // Annual Review of Astronomy and Astrophysics. - 2008. - Vol. 46.- P. 385–432.
3. Clifton T., Ferreira P. G., Padilla A., Skordis C. Modified gravity and cosmology // Physics reports. - 2012. - Vol. 513. - P. 1–189.
4. Saadat H., Pourhassan B., Viscous varying generalized chaplygin gas with cosmological constant and space curvature // International Journal of Theoretical Physics. - 2013. - Vol.52. - P. 3712–3720.
5. Elmardi M., Abebe A., Cosmological Chaplygin gas as modified gravity // Journal of Physics: Conference Series. - 2017. - Vol. 905. - P. 012015.