

FTAMP 29.05.45; 29.17.19;
41.29.00; 41.29.17; 41.29.21<https://doi.org/10.26577/10.26577/RCPH.2021.v77.i2.01>Ш.Р. Мырзақұл^{1,2*} , М.Ж. Есентай¹ , Г.А. Сотанова¹ , Т.Р. Мырзақұл³ ¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ.²«Ratbay Myrzakulov Eurasian International Centre for Theoretical Physics» ЖШС, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ.³Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: srmyrzakul@gmail.com

ХОРАВА-ЛИФШИЦТИҢ $f(R)$ ГРАВИТАЦИЯСЫНДАҒЫ ТҮТҚЫР СҰЙЫҚТЫҚТЫҢ ЭВОЛЮЦИЯСЫ

Әлемнің үдемелі кеңеюін сипаттайтын жаңартудың екі жолы бар: не геометрияны немесе материяны жаңарту қажет. Осы уақытқа дейін жаңартудың көптеген моделдері ұсынылған, соның біреуі, кеңінен таралған – $f(R)$ гравитациясы болып табылады. $f(R)$ гравитациясы белгілі Эйнштейн-Гилберт әсеріндегі қисықтық тензоры R -дің орнына, оның жалпыланған функциясын $f(R)$ -ді қою, осы кезде геометрия өзгереді.

Жалпы салыстырмалылық теориясы мен кванттық физиканың бірігуі қазіргі заманның маңызды мәселелерінің біріне айналды. 1942 жылы Лифшиц гравитация мен кванттық физиканы біріктіретін жоғарғы энергияларда анизотропты масштабтауға негізделген моделін ұсынды, ал 2009 жылы оның унитарлық, гравитациясы ренормалданған нұсқасын жапон ғалымы Питер Хорава ұсынды. Соңғы жылдардағы зерттеулерде – Хорава-Лифшиц гравитациясы деген атау кеңінен таралды. 2010 жылы Масуд Чайчян, Шиничи Ноджири, Сергей Д. Одинцов, Маркку Оксанен және Анка Туряну бірлесіп осы теорияның жалпыланған түрін $f(R)$ – гравитацияны ұсынды.

Бұл жұмыста Хорав-Лифшицтің жалпыланған гравитациясы осындай гравитацияға негізделген кеңістік-уақыттағы біртекті емес тұтқыр сұйықтық үшін зерттелетін болады. Тұрақты тұтқырлық кезінде уақыттың ұлғаюымен жарық пен бариондық заттың тығыздығы мен қысымы төмендейді. Егер қараңғы энергия күйін, яғни $\omega = -1$ болғандағы жағдайды қарастыратын болсақ, онда тығыздық пен қысым шексіздікке ұмтылады. Сондықтан, егер біз тұтқырлықты тұрақты деп санасақ, вакуумдағы жағдай үшін Әлем шексіз кеңейеді.

Түйін сөздер: қараңғы энергия, Хорава-Лифшицтің $f(R)$ гравитациясы, тұтқыр сұйықтық.

Sh.R. Myrzakul^{1,2*}, M.Zh. Esentay¹, G.A. Sotanova¹, T.R. Myrzakul³¹L.N. Gumilev Eurasian National University, Kazakhstan, Nur-Sultan²"Eurasian International Center for Theoretical Physics Ratbay Myrzakulov" LTD, Kazakhstan, Nur-Sultan³Kazakh National Women's Pedagogical University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: srmyrzakul@gmail.com

Evolution of a viscous fluid in Horava-Lifshitz $f(R)$ gravity

There are two modification methods that describe the accelerated expansion of the Universe: it is necessary either to modify the geometry or matter. Until now, many modified models have been proposed, one of which is common $f(R)$ gravity. In $f(R)$ gravity, in the well-known Einstein-Hilbert action, we replace the curvature tensor R with its generalized function $f(R)$, and the geometry changes.

The unification of general relativity and quantum physics has become one of the most important issues of our time. In 1942, Lifshitz proposed a model based on high-energy anisotropic scaling that combines gravity and quantum physics, and in 2009 the Japanese scientist Peter Khorava proposed its unitary, renormalized version of gravity. In the studies of recent years, the name has spread – the gravity of Horava-Lifshits. In 2010, Masud Chaichyan, Shinichi Nojiri, Sergei D. Odintsov, Markku Oksanen, and Anka Tureanu jointly proposed a generalized form of this theory – $f(R)$ gravity.

In this work, the generalized gravity of Horava-Lifshitz will be studied for an inhomogeneous viscous fluid in space-time, based on this kind of gravity. At constant viscosity, with increasing time, the density and pressure of light and baryonic matter decrease. If we consider the state of dark energy, that is, the case when $\omega = -1$, then the density and pressure tend to infinity. Therefore, if we consider the viscosity constant, for the case in a vacuum, the universe will expand infinitely.

Key words: dark energy, Horava-Lifshitz gravity, viscous fluid.

Ш.Р. Мырзақұл^{1,2*}, М.Ж. Есентай¹, Г.А. Сотанова¹, Т.Р. Мырзақұл³

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, г. Нур-Султан

²ТОО «Евразийский международный центр теоретической физики Ратбай Мырзақұлов»,
Казахстан, г. Нур-Султан

³Казахский национальный женский педагогический университет, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: srmyrzakul@gmail.com

Эволюция вязкой жидкости в Хоравы-Лифшица $f(R)$ гравитации

Существует два способа модификации, описывающих ускоренное расширение Вселенной: необходимо либо модифицировать геометрию, либо материю. До сегодняшнего дня было предложено множество модифицированных моделей, одна из которых – распространенная $f(R)$ гравитация. В $f(R)$ гравитации в известном действии Эйнштейна-Гильберта заменяем тензор кривизны R на его обобщенную функцию $f(R)$, при этом изменяется геометрия.

Объединение общей теорией относительности и квантовой физики стало одним из важнейших вопросов современности. В 1942 году Лифшицом была предложена модель, основанная на анизотропном масштабировании при высоких энергиях, которая сочетает в себе гравитацию и квантовую физику, а в 2009 году японским ученым Питером Хоравы была предложена ее унитарная, перенормированная версия гравитации. В исследованиях последних лет распространилось название – гравитация Хоравы-Лифшица. В 2010 году Масуд Чайчян, Шиничи Нодзири, Сергей Д. Одинцов, Маркку Оксанен и Анка Турьяну совместно предложили обобщенный вид этой теории – $f(R)$ гравитацию.

В этой работе будет изучаться обобщенная гравитация Хоравы-Лифшица для неоднородной вязкой жидкости в пространстве-времени, основанной на этом виде гравитации. При постоянной вязкости, с увеличением времени плотность и давление света и барионного вещества уменьшаются. Если рассматривать состояние темной энергии, то есть случай, когда $\omega = -1$, то плотность и давление стремятся к бесконечности. Следовательно, если мы считаем вязкость постоянной, для случая в вакууме, Вселенная будет бесконечно расширяться.

Ключевые слова: темная энергия, $f(R)$ гравитации Хоравы-Лифшица, вязкая жидкость.

Кіріспе

Әлемнің үдемелі кеңеюі ашылғаннан бері қараңғы энергия мәселесі деп аталатын көптеген модельдер [1] – [23] ұсынылды. Олардың ең қарапайымы – Эйнштейннің жалпы салыстырмалылық теориясы (ЖСТ) шеңберіндегі, мәні кішкентай және оң космологиялық тұрақты енгізу арқылы жүзеге асырылатын модель (Λ CDM моделі). Бұл жағдайда үдемелі кеңеюдің күй параметрі $\omega = -1$, қараңғы энергия сұйықтығының теріс қысымының әсерін көрсетеді. Бүгінгі күні қараңғы энергияның табиғаты «Мыңжылдықтың құпиясына» айналды және оның физикасы фундаменталды болғандықтан, ең өршіл және таңқаларлық зерттеу аймағы болып табылады. Бір жағынан қараңғы сұйықтықтың күй параметрі минус бірге өте жақын болғандықтан, Космологиялық тұрақты тәрізді көрініспен сипаттауға болғанымен, космологиялық тұрақтының мәні кішкентай болғандықтан, бұл жағдай бірнеше белгілі қайшылықтарға әкеледі және космологиялық тұрақтысы бар ЖСТ түпкілікті гравитациялық теория емес, дегенмен ол қазіргі таңда кеңінен таралған және бақылау нәтижелерін ең жуық сипаттайтын тео-

риялардың бірі. Сонымен қатар, соңғы космологиялық бақылау мәліметтеріне сәйкес, қараңғы энергияның күй параметрі $\omega = -0,972^{+0,061}_{-0,060}$ аралықта шектелген, сондықтан күйді сипаттайтын қолайлы теңдеуді қанағаттандыратын қараңғы сұйықтықтың әр түрлі формаларына (фантом, квинтэссенция, біртекті емес сұйықтықтар және т.б.) жол беріледі [21].

Фридман-Робертсон-Уокер (ФРУ) әлеміндегі идеал емес сұйықтықтарды зерттеудің бірнеше артықшылығы бар [22]. Біріншіден, көптеген макроскопиялық физикалық жүйелер, мысалы, Ғаламның ауқымды құрылымындағы материя мен жарықты идеал сұйықтықпен (күй теңдеуі $p = \omega\rho$, ω – тұрақты) жуықтауға болатындығына қарамастан, біз шығу тегі белгісіз қараңғы энергияның басқа композицияларын жоққа шығара алмаймыз. Содан кейін, соңғы жылдары гравитацияның жаңартылған теорияларына деген қызығушылық артты. Бұл теориялар Эйнштейннің теориясын өзгертуді және жалпы Эйнштейн-Гильберт әрекетіндегі қисықтық инвариантын әртүрлі жалпыланған құраушылармен (Риман тензоры, Вейл тензоры, Риччи тензоры және басқалары) ауыстырады немесе толықтырады.

Гравитацияның жаңартылған теориялардың сұйықтық тәрізді түрге сәйкес сипаттамаға ие екендігін ескерген жөн, ал біртекті емес тұтқыр сұйықтықтарды зерттеу – мұндай альтернативті теориялардың кейбір жалпы белгілерін түсінудің қарапайым тәсілдерінің бірі [23].

$f(R)$ гравитациясы үшін жалпылаған Хорава-Лифшиц теориясын [24]-ші жұмыстың авторы ұсынып, оны [24-28]-ші жұмыстарында әр түрлі тұрғыдан қолданып, зерттеулер жүргізген. Ол модельдің бір шегі Хорава-Лифшицтің жалпыланған гравитациясына әкеледі. Осындай модельдер үшін ФРУ қозғалыс теңдеулерін алдынала зерттеу бай космологиялық құрылымға ие және ерте инфляция мен қараңғы энергия дәуірлерін үйлестірудің табиғи мүмкіндігін көрсетеді. Бұл жұмыста, біз жазық ФРУ уақыт-кеңістігінде күйі әртүрлі және тұтқырлығы тұрақты сұйықтықтарды Хорава-Лифшиц $f(R)$ гравитациясы аясында зерттейміз.

$$S = \int d^4x \left[a^3 f(R) - a^3 \sigma \left[R - \left(A \frac{\dot{a}(t)^2}{a(t)^2} + B \frac{\ddot{a}(t)}{a(t)} \right) \right] \right], \quad (3)$$

мұндағы $\sigma = \frac{df(R)}{dR} = f'$, $A = 3 - 9\lambda + 12\mu$,

$B = 6\mu$ кез-келген оң тұрақтылар. Әрі қарай, ұқыпты жазу үшін функцияның аргументтерге тәуелділігін жоққа шығарамыз. Нүкте уақыт бойынша дифференциалдау, ал штрих R бойынша дифференциалдау деп белгілейік. Осылайша, гравитацияның Лагранжы келесі түрге ие болады

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

Эйлер-Лагранж теңдеуін қолдана отырып, қозғалыс теңдеулерін анықтаймыз

$$R = B\dot{H} + (A + B)H^2, \quad (5)$$

$$p = -(2\dot{H} + 3H^2), \quad (6)$$

нөлдік энергеия шартын қолдана отырып, біз екінші Фридман теңдеуін табамыз

$$\rho = 3H^2. \quad (7)$$

Модельдің негізі

Ең кіші әсер шарты бойынша қарастырып отырған модельдің әсері

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

мұндағы $g = g_{\mu\nu}$ метрикалық тензорының анықтаушы және $f(R)$ функциясы қисықтық скаляры, R Риччи скаляры, L_m материя Лагранжианы болып табылады.

ФРУ метрикасын қолданамыз

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

мұндағы $a(t)$ масштабты факторды білдіреді. ФРУ метрикасы үшін (1) әсерді мына түрде жазамыз

Біздің модель үшін қысым былай анықталады

$$p = \frac{-Bf''\dot{R}^2 - Bf''\ddot{R} + 3f'R - 3F}{(A - 2B)f'}, \quad (8)$$

және энергия тығыздығы

$$\rho = \frac{3(BHf''\dot{R} - f'R + f)}{(A - 2B)f'}. \quad (9)$$

ФРУ теңдеулеріндегі p және ρ – қысым мен Әлемнің энергия тығыздығы мына түрдегі энергияның сақталу заңын қанағаттандыру керек

$$\dot{\rho} + 3H(\rho + p) = 0. \quad (10)$$

Бұл жұмыста біз біртекті емес тұтқыр сұйықтық үшін күй теңдеуінің жалпыланған түрін қарастырамыз [29]

$$p = \omega(\rho)\rho - J(a(t), H, \dot{H}...), \quad (11)$$

мұндағы $\omega(\rho)$ – күй параметрі, энергия тығыздығына тәуелді болуы мүмкін, ал $\mathbf{J}(\mathbf{a}(t), \mathbf{H}, \dot{\mathbf{H}}\dots)$ – көлемді тұтқырлық, масштаб факторына, Хаббл параметріне және оның туындыларына тәуелді жалпы функция болып табылады. Термодина-

микалық себептер бойынша, қайтымсыз процесте энтропияның өзгеруі оң таңбалы болу үшін сұйықтықтың тұтқырлығы да оң болуы қажет. Сұйықтың $T_{\mu\nu}$ энергия-импульс тензоры мына түрге ие

$$T_{\mu\nu} = \rho u_\mu u_\nu + [\omega(\rho)\rho + J(\rho, a(t), H, \dot{H}\dots)](g_{\mu\nu} + u_\mu u_\nu), \quad (12)$$

мұндағы $u_\mu = (1, 0, 0, 0)$ төрт өлшемді жылдамдық векторы. Сұйықтықтың энергия сақталу заңы (10) ақыр соңында мынандай түрге келеді

$$\dot{\rho} + 3H\rho(1 + \omega(\rho)) = 3HJ(\rho, a(t), H, \dot{H}\dots). \quad (13)$$

Келесі бөлімде зерттеулер біртекті емес тұтқыр сұйықтық күйінің теңдеуінің қарапайым шешімімен жүзеге асырылады

Космологиялық шешім

Тұтқырлығы мен күй параметрі тұрақты жағдайды қарастырайық. Онда Хаббл параметрі

$$H = \frac{\sqrt{\frac{3}{4}\xi(1+\omega)} \left(e^{2\sqrt{\frac{3}{4}\xi(1+\omega)}(t-t_0)} - 1 \right)}{\frac{3}{2}(1+\omega) \left(e^{2\sqrt{\frac{3}{4}\xi(1+\omega)}(t-t_0)} + 1 \right)}, \quad (14)$$

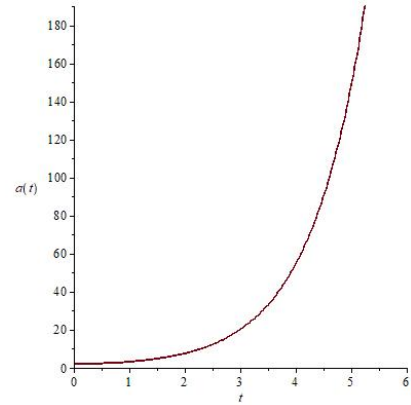
және масштабты фактор

$$\rho(t) = \frac{\xi}{1+\omega} \left(\frac{e^{2\sqrt{\frac{3}{4}\xi(1+\omega)}(t-t_0)} - 1}{e^{2\sqrt{\frac{3}{4}\xi(1+\omega)}(t-t_0)} + 1} \right)^2, \quad (15)$$

$$p(t) = - \frac{\left(3e^{4\sqrt{\frac{3}{4}\xi(1+\omega)}(t-t_0)} + 8(1+\omega)e^{2\sqrt{\frac{3}{4}\xi(1+\omega)}(t-t_0)} - 6e^{2\sqrt{\frac{3}{4}\xi(1+\omega)}(t-t_0)} + 3 \right) \xi}{3(1+\omega) \left(e^{2\sqrt{\frac{3}{4}\xi(1+\omega)}(t-t_0)} + 1 \right)^2}. \quad (16)$$

$$a = a_0 \left(e^{\sqrt{\frac{3}{4}\xi(1+\omega)}(t-t_0)} + e^{-\sqrt{\frac{3}{4}\xi(1+\omega)}(t-t_0)} \right)^{\frac{1}{1+\omega}}$$

экспоненциалды дамиды. Төмендегі суретте тұрақтыларды 1-ге тең деп алып, масштабты фактордың динамикасының графигін тұрғыздық.



1-сурет – Масштабты фактордың эволюциясы ($a = e^t + e^{-t}$ жуықтау жағдайы үшін)

Энергияның сақталу заңынан (10) энергия мен қысымның тығыздығын былайша табамыз

Енді әртүрлі күйлерді қарастырайық.
Бариондық материя үшін $\omega = 0$, яғни

$$\rho(t) = \xi \left(\frac{e^{2\sqrt{\frac{3}{4}\xi}(t-t_0)} - 1}{e^{2\sqrt{\frac{3}{4}\xi}(t-t_0)} + 1} \right)^2, \quad (17)$$

$$p(t) = - \frac{\left(3e^{4\sqrt{\frac{3}{4}\xi}(t-t_0)} + 2e^{2\sqrt{\frac{3}{4}\xi}(t-t_0)} + 3 \right) \xi}{3 \left(e^{2\sqrt{\frac{3}{4}\xi}(t-t_0)} + 1 \right)^2}, \quad (18)$$

ал жарық болғанда $\omega = 1/3$, яғни

$$\rho(t) = \frac{3\xi}{4} \left(\frac{e^{2\sqrt{\xi}(t-t_0)} - 1}{e^{2\sqrt{\xi}(t-t_0)} + 1} \right)^2, \quad (19)$$

$$p(t) = - \frac{\left(3e^{4\sqrt{\xi}(t-t_0)} + 8e^{2\sqrt{\xi}(t-t_0)} \frac{4}{3} - 6e^{2\sqrt{\xi}(t-t_0)} + 3 \right) \xi}{4 \left(e^{2\sqrt{\xi}(t-t_0)} + 1 \right)^2}. \quad (20)$$

Қорытынды

Қортындылай келе, 1-суретте көрініп тұрғандай, тұрақтылардың белгілі мәндері үшін масштабты фактордың динамикасы үдемелі ұлғаюда, яғни қарастырылып отырған модель бақылау мәлеметіне толықтай сәйкес келеді. Тұрақты тұтқырлық үшін уақыт өскен сайын жарық пен бариондық материя тығыздығы мен қысымы азаяды. Яғни заттар Әлем кеңейген сайын бір-бірінен алшақтайды. Бұл де-Ситтер шешімі нәтижелеріне ұқсас келеді. Егер қараңғы энергия күйін қарастыратын болсақ, яғни $\omega = -1$, онда тығыздық пен қысым шексіздікке ұмтылады. Сондықтан егер тұтқырлықты тұрақты деп қарастырсақ, вакуум жағдайы үшін әлем шексіз кеңейе береді.

Алғыстар. Берілген зерттеулер ҚР БҒМ гранттық қаржыландырылған АР08052197 «Тұтқыр сұйықтықпен сипатталатын Әлемнің эволюциясы барысында барионды материяның қалыптасуы» жоба шеңберінде жасалған.

Әдебиеттер

- 1 Riess A.G., Filippenko A.V., Challis P., Clocchiatti A., Diercks A., Garnavich P.M. Gilliland R.L., Hogan, C.J., Jha, S. and Kirshner, R.P., et al. Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant //Astron. J. – 1998. – Vol.116. – P.1009-1038.
- 2 Perlmutter, S., Aldering, G., Goldhaber, G., Knop, R.A., Nugent, P., Castro, P.G., Deustua, S., Fabbro, S., Goobar, A. and Groom, D.E., et al. Measurements of Ω and Λ from 42 High-Redshift Supernovae // Astrophys. J. – 1999. – Vol.517. – P.565-586.
- 3 Spergel, D.N., Verde, L., Peiris, H.V., Komatsu, E., Nolta, M.R., Bennett, C.L., Halpern, M., Hinshaw, G., Jarosik, N. and Kogut, A., et al. First Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Determination of Cosmological Parameters //Astrophys. J. Suppl. – 2003. – Vol.148. – P.175-194.
- 4 Peiris, H.V., Komatsu, E., Verde, L., Spergel, D.N., Bennett, C.L., Halpern, M., Hinshaw, G., Jarosik, N., Kogut, A., Limon, M. and Meyer, S.S., et al. First-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP)* Observations: Implications For Inflation //Astrophys. J. Suppl. – 2003. – Vol.148. – P.213-231.
- 5 Astier, P., Guy, J., Regnault, N., Pain, R., Aubourg, E., Balam, D., Basa, S., Carlberg, R.G., Fabbro, S. and Fouchez, D., et al. The Supernova Legacy Survey: measurement of Ω_M , Ω_Λ and w from the first year data set //Astron. Astrophys. – 2006. – Vol.447. – P.31-48.
- 6 Riess, A.G., Strolger, L.-G., Casertano, S., Ferguson, H.C., Mobasher, B., Gold, B., Challis, P.J., Filippenko, A.V., Jha, S., Li, W. and Tonry, J., et al. New Hubble Space Telescope Discoveries of Type Ia Supernovae at $z > 1$: Narrowing Constraints on the Early Behavior of Dark Energy //Astrophys. J. – 2007. – Vol.659. – P.98-121.
- 7 Spergel, D.N., Bean, R., Doré, O., Nolta, M.R., Bennett, C.L., Dunkley, J., Hinshaw, G., Jarosik, N., Komatsu, E. and Page, L., et al. Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Three Year Results: Implications for Cosmology //Astrophys. J. Suppl. – 2007. – Vol.170. – P.377-408.
- 8 Myrzakul S.R., Yerzhanov K., Kenzhalin D. Zh., Myrzakulov K.R. Teleparallel dark energy model with fermionic field for bianchi type I spacetime //News of the national academy of sciences of the RK. Series physico-mathematical. – 2019. – Vol.5 (327). – P.11-18.
- 9 Myrzakul S.R., Myrzakulov Y.M., Arzimbetova M. Inflation in F(R,T) gravitation with f-essence. //News of the national academy of sciences of the RK. Series physico-mathematical. – 2020. – Vol. 5 (333). – P.106-112.
- 10 Saridakis E. N., Myrzakulov K.R. and Yerzhanov K.K. Cosmological applications of F(R,T) gravity with dynamical curvature and torsion //Physical Review D. – 2020. – Vol.102, N 2. Art No 023525. – 16 p.

- 11 Myrzakulov R. and Sebastiani L. $f(\phi)$ R-models for inflation //International Journal of Modern Physics D. – 2016. – Vol. 25, N4. – Art.No 1650041. – 11p.
- 12 Myrzakul S. R. et al. Inflation model with viscous fluid //Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol.1730. – Art.No 012136.
- 13 Pacif S.K.J. and Myrzakulov R. Reconstruction of cosmic history from a simple parametrization of H// International Journal of Geometric Methods in Modern Physics. – 2017. – Vol. 14, N7. – Art.No 1750111. – 27 p.
- 14 Myrzakulov R. and Sebastiani L. Warm inflation in Horndeski gravity //Gen. Relativ. Gravit. – 2017. – Vol.49, N 7. Art.No 90. -16 p.
- 15 Myrzakulov R. and Sebastiani L. Reconstruction of k-essence inflation in Horndeski gravity //European physical journal plus. – 2017. – Vol.132, N 10. – Art.No 5433 – 11p.
- 16 Myrzakulov R. and Sebastiani L. Reconstruction of inflation from scalar field non-minimally coupled with the Gauss-Bonnet term //European physical journal plus. – 2017. – Vol.132, N 12. – Art.No 514 – 9p.
- 17 Saridakis E. N., Myrzakulov K.R. and Yerzhanov K.K. Cosmological applications of F(R,T) gravity with dynamical curvature and torsion //Physical Review D. – 2020. – Vol.102, N 2. Art No 023525. – 16 p.
- 18 Myrzakul S. R. et al., gravity with scalar field viscous fluid //Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol.1730. – Art.No 012021.
- 19 Pacif S. K.J., Myrzakulov R. and Myrzakul S., Reconstruction of cosmic history from a simple parametrization of H // International Journal of Geometric Methods in Modern Physics. – 2017. – Vol.14, No 07. – Art.No 1750111.
- 20 Myrzakul, S., Myrzakulov, R. and Sebastiani, L. Coupled fluids model in FRW space-time //Astrophys Space Sci. – 2014. – Vol. 353. –P. 667-675.
- 21 Esmakhanova, K. Myrzakulov, N., Nugmanova, G. Myrzakulov, Y., Chechin L and Myrzakulov, R. //International Journal of Modern Physics D. – 2011. – Vol.20, No12. – P. 2419-2446.
- 22 Myrzakul, S., Myrzakulov, R. and Sebastiani, L. Inhomogeneous viscous fluids in FRW universe and finite-future time singularities // Astrophys Space Sci. – 2014. – Vol. 350. – P. 845–853.
- 23 Myrzakul, S., Myrzakulov, R. and Sebastiani, L. Inhomogeneous fluids for warm inflation //Astrophys Space Sci. – 2015. – Vol.357. – P.168.
- 24 P. Horava Membranes at Quantum Criticality //JHEP. – 2009. – Vol. 0903, 020.
- 25 P. Horava. Quantum Gravity at a Lifshitz Point // Phys. Rev. D. – 2009. – Vol. 79, 084008.
- 26 P. Horava. Spectral Dimension of the Universe in Quantum Gravity at a Lifshitz Point // Phys. Rev. Lett. – 2009. – Vol. 102, 161301.
- 27 P. Horava. Quantum Criticality and Yang-Mills Gauge Theory // Phys. Lett. B. – 2010. – Vol. 694. – P. 172- 176.
- 28 M. Chaichian, S. Nojiri, S. D. Odintsov, M. Oksanen and A. Tureanu, // Class. Quant. Grav. – 2010. – Vol. 27, 185021.
- 29 S. Nojiri, S. D. Odintsov // Phys.Rev. D. – 2005. – Vol. 72:023003.

References

- 1 A.G. Riess, A.V. Filippenko, et al., Astron. J. 116, 1009-1038 (1998).
- 2 S. Perlmutter, G. Aldering, et al. Astrophys. J. 517, 565-586 (1999).
- 3 D.N. Spergel, L. Verde, et al. Astrophys. J. Suppl., 148, 175-194 (2003).
- 4 H.V. Peiris, E. Komatsu, et al. Astrophys. J. Suppl., 148, 213-231 (2003).
- 5 P. Astier, J. Guy, et al. Astron. Astrophys., 447, 31-48 (2006).
- 6 A.G. Riess, L.-G. Strolger, et al. Astrophys. J., 659, 98-121 (2007).
- 7 D.N. Spergel, R. Bean, et al. Astrophys. J. Suppl., 170, 377-408 (2007).
- 8 S.R. Myrzakul, K. Yerzhanov, et al. News of the NAS RK. Series physico-mathematical 5 (327), 11-18 (2019).
- 9 S.R. Myrzakul, Y.M. Myrzakulov, M. Arzimbetova. News of the NAS RK. Series physico-mathematical 5 (333), 106-112 (2020).
- 10 E.N. Saridakis, K.R. Myrzakulov and K.K. Yerzhanov, Physical Review D. 102 (2), 023525 p. (2020).
- 11 R. Myrzakulov and L. Sebastiani, International Journal of Modern Physics D. 25 (4) (2016).
- 12 S.R. Myrzakul et al., Journal of Physics: Conference Series, 1730, 012136 (2021).
- 13 S.K.J. Pacif and R. Myrzakulov, International Journal of Geometric Methods in Modern Physics, 14 (7), 1750111 (2017).
- 14 R. Myrzakulov and L. Sebastiani, Gen. Relativ. Gravit. 49 (7), 90 (2017).
- 15 R. Myrzakulov and L. Sebastiani, European physical journal plus, 132 (10), 5433 (2017).
- 16 R. Myrzakulov and L. Sebastiani, European physical journal plus, 132 (12), 514 (2017).
- 17 E.N. Saridakis, K.R. Myrzakulov and K.K. Yerzhanov, Physical Review D, 102 (2), 023525 (2020).
- 18 S.R. Myrzakul et al., Journal of Physics: Conference Series 1730, 012021 (2021).
- 19 S.K.J. Pacif, R. Myrzakulov and S. Myrzakul, International Journal of Geometric Methods in Modern Physics, 14 (07) (2017).
- 20 S. Myrzakul, R. Myrzakulov, and L. Sebastiani, Astrophys Space Sci 353, 667–675 (2014).
- 21 K. Esmakhanova, N. Myrzakulov, G. Nugmanova, Y. Myrzakulov, L. Chechin and R. Myrzakulov, International Journal of Modern Physics D, 20 (12), 2419-2446 (2011).
- 22 S. Myrzakul, R. Myrzakulov, and L. Sebastiani, Astrophys. Space Sci 350, 845–853 (2014).
- 23 S. Myrzakul, R. Myrzakulov, and L. Sebastiani, Astrophys Space Sci 357, 168 (2015).
- 24 P. Horava, JHEP 0903, 020 (2009).
- 25 P. Horava, Phys. Rev. D 79, 084008 (2009).
- 26 P. Horava, Phys. Rev. Lett. 102, 161301 (2009).
- 27 P. Horava, Phys. Lett. B694, 172- 176 (2010).
- 28 M. Chaichian, S. Nojiri, S. D. Odintsov, M. Oksanen and A. Tureanu, Class. Quant. Grav. 27, 185021 (2010).
- 29 S. Nojiri, S.D. Odintsov. Phys.Rev. D. 72:023003 (2005).