

The full version of the article is available on the website of the journal "Astrophysics":
<https://link.springer.com/journal/10511>

DYNAMICS OF BOUNCING UNIVERSE IN GAUSS-BONNET THEORY OF GRAVITY

M.VIJAYA SANTHI, K.SANTOSH RUPA

Received 12 December 2024

Accepted 4 June 2025

This manuscript's primary object is to investigate and study the anisotropic universe in terms of $f(G)$ gravity. Kantowski-Sachs spacetime is considered for this evolution, in a modified theory of gravity. The exact solutions of modified theory field equations are investigated using a viable $f(G)$ model choice. We considered two bouncing scenarios described by exponential and power law scale factors, these non-singular bouncing models also accommodate a transition cosmic acceleration phenomenon. Specific significant cosmological parameters are estimated and discussed for the obtained models.

Keywords: *Kantowski-Sachs metric: $f(G)$ theory of gravity: bouncing cosmology: deceleration parameter*

Department of Applied Mathematics, Andhra University, Visakhapatnam
530003, India, e-mail: gv.santhi@live.com

ДИНАМИКА ОТСКАКИВАЮЩЕЙ (ЦИКЛИЧЕСКОЙ) ВСЕЛЕННОЙ В ТЕОРИИ ГРАВИТАЦИИ ГАУССА-БОННЕ

М.В.САНТИ, К.С.РУПА

Основной целью данной работы является исследование и изучение анизотропной Вселенной в терминах гравитации $f(G)$. В модифицированной теории гравитации для эволюции рассматривается пространство-время Кантовского-Сакса. Точные решения уравнений модифицированной теории поля исследуются с использованием приемлемого выбора модели $f(G)$. Рассмотрены два сценария отскакивания, описанные масштабными коэффициентами экспоненциального и степенного законов. Эти несингулярные модели отскакивания учитывают также явление переходного космического ускорения. Для полученных моделей оцениваются и обсуждаются специфически значимые космологические параметры.

Ключевые слова: *метрика Кантовского-Сакса; теория гравитации $f(G)$; космология отскакивания; параметр замедления*

REFERENCES

1. *A.G.Riess et al.*, *Astron. J.*, **116**(3), 1009, 1998.
2. *S.Perlmutter et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, **83**(4), 670, 1999.
3. *M.Tegmark et al.*, *Phys. Rev. D*, **69**(10), 103501, 2004.
4. *K.Abazajian et al.*, *Astron. J.*, **128**(1), 502, 2004.
5. *D.N.Spergel, L.Verde, H.V.Peiris et al.*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **148**, 175, 2003.
6. *G.Hinshaw et al.*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **208**(2), 19, 2013.
7. *D.Parkinson et al.*, *Phys. Rev. D*, **86**(10), 103518, 2012.
8. Planck Collaboration (P.A.R. Ade et al.), *Astron. Astrophys.*, **594**, A13, 2016.
9. *J.T.Nielsen, A.Guffanti, S.Sarkar*, *Sci. Rep.*, **6**, 35596, 2016.
10. *A.H.Guth*, *Phys. Rev. D*, **23**(2), 347, 1981.
11. *A.Linde*, *Phys. Rev. D*, **49**(2), 748, 1994.
12. *P.P.Avelino, R.Z.Ferreira*, *Phys. Rev. D*, **86**(4), 041501, 2012.
13. *Y.F.Cai*, *Science China Physics, Mechanics & Astronomy*, **57**, 1414, 2014.
14. *J. de Haro, Y.F.Cai*, *General relativity and gravitation*, **47**, 1-24, 2015.
15. *R.Brandenberger, P.Peter*, *Foundations of Physics*, **47**, 797, 2017.
16. *R.H.Brandenberger, J.Martin*, *Classical and Quantum Gravity*, **30**(11), 113001, 2013.
17. *G.F.Ellis, R.Maartens*, *Classical Quantum Gravity*, **21**, 223, 2004.
18. *I.Bars et al.*, *Phys. Rev. D*, **84**(8), 083513, 2011.
19. *I.Bars et al.*, *Phys. Lett. B*, **715**, 278, 2012.
20. *R.H.Brandenberger*, *International Journal of Modern Physics: Conference Series*, **1**, p.67, 2011.
21. *S.K.Tripathy et al.*, *International Journal of Geometric Methods in Modern Physics*, **17**(04), 2050056, 2020.
22. *T.Biswas et al.*, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, **3**, 009, 2006.
23. *T.Biswas et al.*, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, **8**, 024, 2012.
24. *T.Biswas et al.*, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, **11**, 008, 2010.
25. *Z.G.Liu et al.*, *Phys. Rev. D*, **88**(6), 063539, 2013.
26. *R.R.Caldwell et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, **91**(7), 071301, 2003.
27. *S.I.Nojiri, S.D.Odintsov*, *Phys. Rev. D*, **68**(12), 123512, 2003.
28. *A. de la Cruz-Dombriz, D.Sáez-Gómez*, *Entropy*, **14**(9), 1717, 2012.
29. *S.Capozziello, M. De Laurentis*, *Phys. Rep.*, **509**(4-5), 167, 2011.
30. *G.J.Olmo*, *International Journal of Modern Physics D*, **20**(04), 413, 2011.
31. *S.Nojiri et al.*, *Phys. Rep.*, **692**, 1-104, 2017.
32. *S.I.Nojiri, S.D.Odintsov*, *Phys. Lett. B*, **631**, 1-6, 2005.
33. *M.A.Watanabe et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, **102**, 191302, 2009.
34. *S.Nojiri et al.*, *Phys. Rev. D*, **71**(12), 123509, 2005.
35. *T.Chiba*, *Astropart. Phys.*, **3**, 008, 2005.
36. *A. De Felice, S.Tsujikawa*, *Phys. Lett. B*, **675**(1), 1-8, 2009.
37. *R.Myrzakulov et al.*, *General Relativity and Gravitation*, **43**, 1671, 2011.
38. *A.Jawad et al.*, *The European Physical Journal Plus*, **128**, 1-7, 2013.

39. *K.Bamba et al.*, Phys. Lett. B, **732**, 349, 2014.
40. *G.Abbas et al.*, Astrophys. Space Sci., **357**, 1-11, 2015.
41. *M.Sharif, H.I.Fatima*, Journal of Experimental and Theoretical Physics, **122**, 104, 2016.
42. *M.F.Shamir*, Journal of Experimental and Theoretical Physics, **123**, 607, 2016.
43. *Y.Zhong, D.Sáez-Chillón Gómez*, Symmetry, **10**(5), 170, 2018.
44. *S.D.Odintsov, V.K.Oikonomou*, Phys. Rev. D, **101**(4), 044009, 2020.
45. *G.J.Olmo, P.Singh*, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, **01**, 030, 2009.
46. *T.Saidov, A.Zhuk*, Phys. Rev. D, **81**(12), 124002, 2010.
47. *M.Bouhmadi-Lopez et al.*, Phys. Rev. D, **87**(10), 103528, 2013.
48. *G.Leon, A.A.Roque*, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, **05**, 032, 2014.
49. *K.Bamba et al.*, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, **01**, 008, 2014.
50. *J.K.Singh et al.*, Phys. Rev. D, **97**(12), 123536, 2018.
51. *Y.F.Cai et al.*, Classical and Quantum Gravity, **28**(21), 215011, 2011.
52. *K.Bamba et al.*, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, **2015**(04), 001, 2015.
53. *J.Martin, C.Ringeval*, Phys. Rev. D, **82**(2), 023511, 2010.
54. *R.G.Cai et al.*, Phys. Rev. D, **92**(6), 063506, 2015.
55. *M.R.Haque et al.*, Phys. Rev. D, **102**(8), 083534, 2020.
56. *P.Saha et al.*, Phys. Rev. D, **102**(10), 103511, 2020.
57. *S.D.Odintsov, T.Paul*, Physics of the Dark Universe, **42**, 101263, 2023.
58. *J.Kristian, R.K.Sachs*, Astrophys. J., **143**, 379, 1966.
59. *K.S.Thorne*, Astrophys. J., **148**, 51, 1967.
60. *C.B.Collins*, Journal of Mathematical Physics, **18**(11), 2116, 1977.
61. *J.Wainwright, G.F.R.Ellis*, Dynamical systems in cosmology, 1997.
62. *V.U.M.Rao, U.Y.D.Prasanthi*, African Review of Physics, **11**, 2016.
63. *M.V.Santhi et al.*, Canadian Journal of Physics, **95**(2), 136, 2017.
64. *Y.Sobhanbabu, M.V.Santhi*, The European Physical Journal C, **81**, 1-10, 2021.
65. *K.S.Adhav et al.*, Open Physics, **13**(1), 10, 2015.
66. *S.D.Katore, S.P.Hatkar*, Progress of Theoretical and Experimental Physics, **2016**(3), 033E01, 2016.
67. *E.Ghorani, Y.Heydarzade*, The European Physical Journal C, **81**(6), 1-14, 2021.
68. *A.Malik et al.*, New Astron., **81**, 101418, 2020.
69. *G.Leon et al.*, The European Physical Journal C, **81**, 1-54, 2021.
70. *C.B.Collins et al.*, General Relativity and Gravitation, **12**, 805, 1980.
71. *M.E.Rodrigues et al.*, International Journal of Modern Physics D, **23**(01), 1450004, 2014.
72. *B.Mishra et al.*, International Journal of Geometric Methods in Modern Physics, **14**(09), 1750124, 2017.
73. *M.V.Santhi et al.*, Mathematical Statistician and Engineering Applications, **71**(3s2), 1073, 2022.
74. *S.S.Singh et al.*, Indian Journal of Physics, **97**(7), 2217, 2023.

75. *G.Cognola et al.*, Physical Review D, **73**(8), 084007, 2006.
76. *G.Cognola et al.*, International Journal of Theoretical Physics, **47**, 898, 2008.
77. *K.Bamba et al.*, The European Physical Journal C, **67**, 295, 2010.
78. *M.F.Shamir*, Astrophys. Space Sci., **361**(4), 147, 2016.
79. *M.Ilyas et al.*, International Journal of Geometric Methods in Modern Physics, **18**(10), 2150152, 2021.
80. *C.Molina-Paris, M.Visser*, Phys.. Lett. B, **455**(1-4), 90, 1999.
81. *S.Banerjee, E.N.Saridakis*, Phys. Rev. D, **95**(6), 063523, 2017.
82. *S.Banerjee et al.*, Phys. Rev. D, **98**(6), 063513, 2018.
83. *Y.F.Cai et al.*, Journal of High Energy Physics, **2007**(10), 071, 2007.
84. *S.D.Odintsov, V.K.Oikonomou*, Phys. Rev. D, **92**, 024016, 2015.
85. *S.Kumar, L.Xu*, Phys. Lett. B, **737**, 244, 2014.
86. *S.Chakraborty*, Phys. Rev. D, **98**(2), 024009, 2018.
87. *N.Aghanim et al.*, Planck 2018 results-VI, Astron. Astrophys., **641**, A6, 2020.
88. *S.D.Odintsov et al.*, Phys. Rev. D, **102**(10), 104042, 2020.