

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

PLANE-SYMMETRIC UNIVERSE IN THE PRESENCE OF STRING CLOUDS COUPLED WITH THE PERFECT FLUID IN $f(R,T)$ GRAVITY

R.G.KANDARKAR, V.A.THAKARE

Received 16 February 2025

Accepted 4 June 2025

In this study, we considered plane-symmetric space-time in the presence of string clouds coupled with perfect fluid in $f(R, T)$ theory of gravitation. Here, R is the Ricci scalar and T is the torsion scalar of space-time. The simple functional forms of the function $f(T)$, such $f(R, T) = R + 2f(T)$ is chosen for the investigation. Exact solutions of the field equations were obtained by considering the average scale factor. Different types of strings are discussed. Different forms of energy conditions are considered to obtain the exact solution of the nonlinear field equation. The following parameters were studied: i) average scale factor $(t^2 + \lambda/\mu)^{1/2\mu}$ ii) shear scalar σ , iii) expansion scalar θ and iv) deceleration parameter q . Some of the physical and geometrical features of the model are represented using graphs.

Keywords: *plane symmetric universe: string: perfect fluid: $f(R,T)$ gravity*

Department of Mathematics, Shri. Shivaji Science College, Amravati (M.S.)
444602, India, e-mail: rajdeepkandarkar@yahoo.com

ПЛОСКО-СИММЕТРИЧНАЯ ВСЕЛЕННАЯ В ПРИСУТСТВИИ СТРУННЫХ ОБЛАКОВ, СВЯЗАННЫХ С ИДЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТЬЮ В $f(R,T)$ ГРАВИТАЦИИ

Р.Г.КАНДАРКАР, В.А.ТАКАРЕ

В работе рассмотрено плоско-симметричное пространство-время в присутствии струнных облаков, связанных с идеальной жидкостью в $f(R,T)$ теории гравитации. Здесь R - скаляр Риччи, T - скаляр кручения пространства-времени. Для исследования выбраны две функциональные формы функции $f(T)$, такие как $f(R,T) = R + 2f(T)$. Точные решения уравнений поля были получены путем рассмотрения среднего масштабного фактора. Обсуждаются различные типы струн. Рассмотрены различные формы энергетических условий для получения точного решения нелинейного уравнения поля. Были изучены следующие параметры: i) средний масштабный фактор $(t^2 + \lambda/\mu)^{1/2\mu}$, ii) скаляр сдвига σ , iii) скаляр расширения θ и iv) параметр замедления q . Некоторые физические и геометрические характеристики представлены с помощью графиков.

Ключевые слова: *плоско-симметричная Вселенная: струна: идеальная жидкость: $f(R,T)$ гравитация*

REFERENCES

1. *İ.Yilmaz*, Gen. Relativ Gravity, **38**, 1397, 2006.
2. *A.Vilenkin*, Phys. Rep., **121**, 263, 1985.
3. *R.Rajaraman*, "Solitons and instantons. An introduction to solitons and instantons in quantum field theory", Netherlands, 1982.
4. *A.G.Riess et al.*, Astrophys. J., **607**, 665, 2004.
5. *D.J.Eisenstein et al.*, Astrophys. J., **633**, 560, 2005.
6. *P.Astier et al.*, Astron. Astrophys., **447**, 31, 2006.
7. *D.N.Spergel et al.*, Astrophys. J. Suppl. Ser., **170**, 377, 2007.
8. *Y.Wang, M.Tegmark*, Phys. Rev. Lett., **92**, 241302, 2004.
9. *A.G.Riess et al.*, Astron. J., **116**, 1009, 1998.
10. *D.Huterer, M.S.Turner*, Phys. Rev. D, **60**, 081301, 1999.
11. *S.Capozziello, S.Carloni, A.Troisi*, arXiv: arXiv:astro-ph/0303041, 2003.
12. *Y.-F.Cai, S.Capozziello, M. De Laurentis et al.*, Rep. Prog. Phys., **79**, 106901, 2016.
13. *T.Harko, F.S.N.Lobo, S.Nojiri et al.*, Phys. Rev. D, **84**, 024020, 2011.
14. *S.Nojiri, S.D.Odintsov*, Phys. Rep., **505**, 59, 2011.
15. *S.Nojiri, S.D.Odintsov*, Mod. Phys. Lett. A, **29**, 1450211, 2014.
16. *T.Harko, F.S.Lobo*, Extensions of $f(R)$ Gravity: Curvature-Matter Couplings and Hybrid Metric-Palatini Theory, **1**, Cambridge University Press, 2018.
17. *S.Nojiri, S.D.Odintsov*, arXiv: arXiv:0807.0685, 2008.
18. *F.S.N.Lobo*, arXiv: arXiv:0807.1640, 2008.
19. *G.R.Bengochea, R.Ferraro*, Phys. Rev. D, **79**, 124019, 2009.
20. *M.Sharif, M.Zubair*, Int. J. Mod. Phys. D, **19**, 1957, 2010.
21. *S.Nojiri, S.D.Odintsov, V.K.Oikonomou*, Phys. Rep., **692**, 1-104, 2017.
22. *A.Y.Shaikh, S.R.Bhoyar*, Prespacetime J., **6**, 11, 2015.
23. *D.D.Pawar, R.V.Mapari*, Journal of Dynamical Systems and Geometric Theories, **20**, 115, 2022.
24. *V.A.Thakare, R.V.Mapari, S.S.Thakre*, East European Journal of Physics, **3**, 108, 2023.
25. *M.F.Shamir*, Communications in Theoretical Physics, **65**, 301, 2016.
26. *M.A.Bakr et al.*, Results in Phys., **39**, 105676, 2022.
27. *V.R.Chirde, S.H.Shekh*, Astrophys. Astron., **37**, 15, 2016.
28. *T.Harko, F.S.N.Lobo, S.Nojiri et al.*, Phys. Rev. D, **84**, 024020, 2011. arXiv:1104.2669, 2011.
29. *C.B.Collins, E.N.Glass, D.A.Wilkinson*, General Relativity and Gravitation, **12**, 805, 1980.
30. *D.D.D.Pawar, G.G.Bhuttampalle, P.K.Agrawal*, New Astron., **65**, 1-6, 2018.
31. *M.V.Santhi, T.Chinnappalanaidu*, Indian J. Phys., **96**, 953, 2022.
32. *Man Ho Chan*, Journal of Gravity, **2015**, 384673, 2015.
33. *S.Capozziello, S.Nojiri, S.D.Odintsov*, Phys. Lett. B, **781**, 99, 2018.
34. *M.Sharif, S.Rani, R.Myrzakulov*, Eur. Phys. J. Plus, **128**, 123, 2013.

35. *A.Dabre, P.Makode*, Astrophysics, **67**, 161, 2024.
36. *G.M.Hossain*, Class. Quantum Grav., **22**, 2511, 2005.
37. *A.S.Eddington*, The expanding universe, Cambridge University Press, 1987.
38. *D.Pilipović*, Open Astron., **32**, 20220221, 2023.
39. *D.D.Pawar, S.P.Shahare*, J. Astrophys. Astron., **40**, 31, 2019.
40. *A.Y.Shaikh*, Adv. Astrophys., **1**, 50, 2017.
41. *A.Ali, I.Khan, S.Khan*, Eur. Phys. J. Plus, **135**, 499, 2020.
42. *S.M.Carroll, V.Duvvuri, M.Trodden et al.*, Phys. Rev. D, 70, 043528, 2004.
43. *C.E.Cunha, M.Lima, H.Oyaizu et al.*, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., **396**, 2379, 2009.
44. *A.Y.Shaikh, S.V.Gore, S.D.Katore*, Bulgarian Journal of Physics, **49**, 4, 2022.
45. *M.Visser*, Classical and Quantum Gravity, **21**, 2603, 2004.
46. *T.Chiba, T.Nakamura*, Progress of Theoretical Physics, **100**, 1077, 1998.
47. *A.C.Alfano et al.*, Physics of the Dark Universe, **42**, 101298, 2023.
48. *P.K.Agrawal, D.D.Pawar*, Astrophys. Astron., **38**, 2, 2017.
49. *V.R.Chirde, S.H.Shekh*, Astrophys. Astron., **37**, 15, 2016.
50. *C.B.Collins, S.W.Hawking*, Astrophys. J., **180**, 317, 1973.