

بررسی رمبش کروی در حضور میدان تاقیونی با لاگرانژی جفت شده

امین رضایی اکبری^۱، محمد احمدی^۱، داوود محمدزاده جسور^۱

^۱ گروه فیزیک نظری و اخترفیزیک، دانشکده فیزیک دانشگاه تبریز، تبریز

چکیده

مشاهدات ابرنواختران نوع Ia نشان می‌دهد که کیهان در حال انبساط شتابان می‌باشد. کیهان‌شناسان عامل این انبساط را انرژی تاریک می‌دانند. یکی از معیارهای مهم برای بررسی صحت مدل‌های کیهانی و کاندیدای انرژی تاریک، بررسی تشکیل ساختارهای بزرگ‌مقیاس در کیهان است. در این مقاله، تشکیل این ساختارها در حضور میدان تاقیونی به‌عنوان کاندیدی برای انرژی تاریک با لاگرانژی جفت شده $F(\phi)R$ مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که مدل تاقیونی جفت شده به مدل استاندارد نزدیک‌تر است و تطابق بهتری با داده‌های رصدی دارد.

Study of spherical collapse in presence of tachyon field with coupled lagrangian

Amin rezaei akbariyeh¹, Mohammad ahmadi¹, Davood mohammadzade jassur¹

¹Faculty of physics, theoretical physics and Astrophysics, Tabriz university, Tabriz

Abstract

Observations of supernova Ia indicate that expansion of the universe is accelerating. Cosmologist, agent this expansion related to dark energy problem. One of the important criteria for investigation the authenticity of the cosmic models and candidates of dark energy is investigation structure formation in the universe. In present manuscript, large structure formations have been investigated in presence of tachyon field as a possible candidate for dark energy with coupled $F(\phi)R$ lagrangian. The results show the tachyon model closer to standard model and corresponding to observation data.

مقدمه

داده‌های اخترفیزیکی که از مشاهدات ابرنواخترهای نوع Ia بدست آمده اند، حاکی از انبساط شتابان کیهان می‌باشند. فیزیکدانان عامل این شتاب را انرژی تاریک می‌دانند. علاوه بر مبحث انرژی تاریک که یکی از مسائل مهم حیطه‌ی اخترفیزیک و کیهان‌شناسی است، موضوع تشکیل ساختارهای کیهانی نیز امروزه بسیار مورد توجه است. همواره این سوال ذهن کنجکاو دانشمندان را به خود مشغول کرده است که اگر طبق مدل بیگ‌بنگ، کیهان از یک نقطه‌ی آغازین پدید آمده، چه تحولاتی در کیهان موجب شده که ساختارهای بزرگ‌مقیاس همچون خوشه‌های کهکشانی و دیگر ساختارها شکل بگیرند؟! یکی از ساده‌ترین مدل‌ها برای بررسی تشکیل ساختار، مدل رمبش کروی است که اولین بار توسط گان و گات ارائه شده است [1]. در واقع هدف این مدل، مطالعه‌ی رشد و تحول ساختارهای کیهانی است که از اختلالات زمینه‌ی کیهانی (شاره‌ی هابلی) شکل گرفته‌اند.

میدان تاکیونی با لاگرانژی جفت شده

فیزیکدانان فرض می کنند که کل کیهان را سیالی پُر کرده است که با وارد کردن فشاری منفی (انرژی تاریک) موجب شتاب گرفتن انبساط کیهان می شود [2]. مدل های میدان اسکالر تاکیونی جفت شده در کارهای متعددی از جمله [3]، [4] و [5] بصورت غیرکمیینه مورد بررسی قرار گرفته است. متریکی که ما در نظر گرفته ایم، متریک فریدمان - رابرتسون - واکر است؛ زیرا این متریک از داده های تجربی بدست آمده است و تطابق خوبی با داده های رصدی دارد.

در این کار، ما فرض کرده ایم منشا سیال کیهانی، میدان تاکیونی با لاگرانژی جفت شده $F(\phi)R$ است که لاگرانژی میدان اسکالر تاکیونی جفت شده بصورت زیر می باشد:

$$L = -6F(\phi)a\dot{a}^2 - 6F'(\phi)a^2\dot{\phi}\dot{a} - a^3V(\phi)\sqrt{1-\dot{\phi}^2} \quad (1)$$

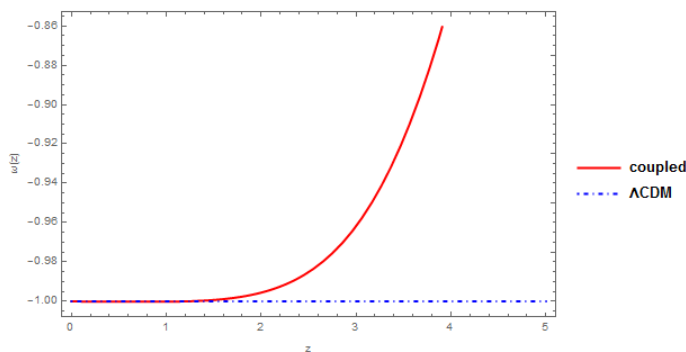
مقادیر چگالی انرژی و فشار میدان تاکیونی جفت شده را با تغییر متغیر $\frac{d}{dz} = -a^2 \frac{d}{da}$ می توان بر حسب فرمگرایی نوشت:

$$\rho_\phi = \frac{V(\phi)}{\sqrt{1-H^2(1+z)\phi'^2}} \quad (2)$$

$$P_\phi = -V(\phi)\sqrt{1-H^2(1+z)\phi'^2} - 4\frac{df(\phi)}{d\phi}H^2(1+z)\phi' + 2\frac{d^2f(\phi)}{d\phi^2}H^2(1+z)\phi' + \quad (3)$$

$$2\frac{df(\phi)}{d\phi}\{H(1+z)[HH'(1+z)]\phi' + H^2(1+z)^2\phi''\}$$

با تقسیم دو رابطه ی بالا می توان پارامتر حالت یعنی $\omega_\phi = \frac{P_\phi}{\rho_\phi}$ را به دست آورد.



شکل ۱: بیانگر تغییرات پارامتر حالت برای دو مدل میدان تاکیونی جفت شده و Λ CDM است. در مدل تاکیونی جفت شده، پارامتر معادله ی حالت با گذشت زمان تغییر می کند اما در مدل Λ CDM مستقل از زمان است و مقدار آن -۱ می باشد.

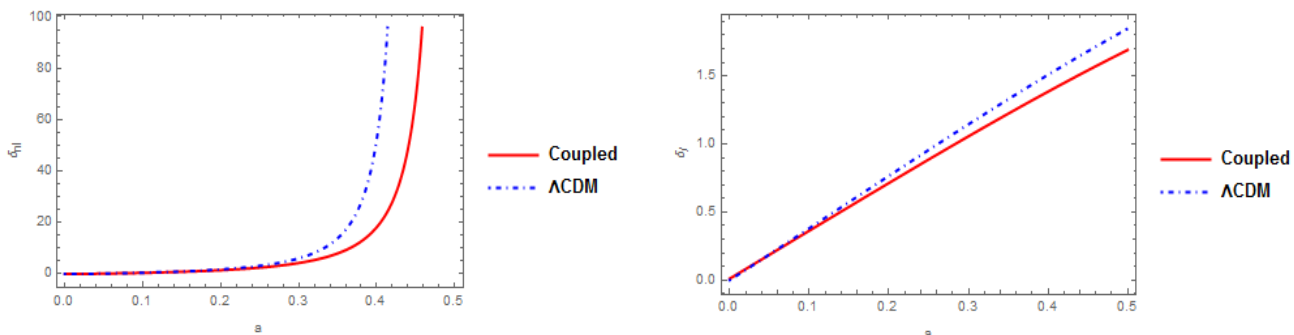
رشد اختلالات

برای اینکه بدانیم چگونه اختلالات در جهان ماده-غالب رشد کرده‌اند و ساختارهای کنونی را شکل داده‌اند، برشی از کیهان در حال انبساط را با شعاع R و چگالی غیریکنواخت $\rho = \bar{\rho}[1+g]$ را در نظر می‌گیریم. رشد اختلالات در دو حالت غیرخطی و خطی بصورت زیر خواهد بود [6]:

$$\delta'' + \left(\frac{3}{a} + \frac{E'}{E}\right)\delta' - \frac{4}{3} \frac{1}{(1+\delta)} \delta'^2 - \frac{3}{2} \frac{\Omega_m}{a^5 E^2} \delta(1+\delta) = 0 \quad (4)$$

$$\delta'' + \left(\frac{3}{a} + \frac{E'}{E}\right)\delta' - \frac{3}{2} \frac{\Omega_m}{a^5 E^2} \delta = 0 \quad (5)$$

در رابطه‌ی بالا، δ مقیاس رشد اختلالات و E پارامتر بدون بعد هابل است که مقدار آن برابر با $E = H / H_0$ است.

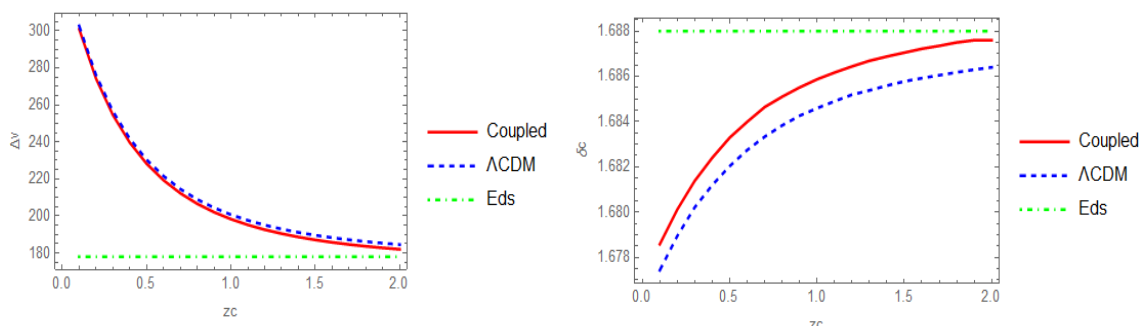


شکل ۳: نمودار سمت چپ بیانگر رشد اختلالات غیرخطی و سمت راست نیز رشد خطی برای دو مدل میدان تاکیونی جفت شده و Λ CDM برحسب مقیاس فاکتور می‌باشند.

تعیین پارامترهای فراچگال خطی و فراچگال ویریاله

یک ناحیه‌ی فراچگال با آهنگ کندتری نسبت به زمینه‌ی کیهانی (شاره‌ی هابلی) منبسط می‌شود بنابراین با گذر زمان، ناحیه‌ی فراچگال، چگال‌تر می‌شود بطوریکه میدان گرانشی آن، انبساط بیشتر ناحیه را متوقف کرده و انبساط به تراکم تبدیل می‌شود. تراکم بیشتر ناحیه در نهایت ویریاله شدن را به همراه خواهد داشت (فراچگال ویریاله) [7]. برای تعیین پارامتر فراچگال خطی بر حسب قرمزگرایی باید از رابطه‌ی رشد اختلالات خطی بهره بگیریم [6]:

$$\Delta_v = 1 + \delta(a_c) = \zeta \left(\frac{x_c}{\lambda}\right)^3 \quad (6)$$



شکل ۴: نمودار سمت چپ بیانگر تغییرات فراچگال و پریاله و نمودار سمت راست نیز بیانگر پارامتر فراچگال خطی بر حسب قرمز گرایی و پریاله برای سه مدل تکیون جفت شده، Λ CDM (مدل استاندارد کیهان‌شناسی) و EdS (مدل انیشتین - دسیتز) می‌باشند.

نتیجه گیری

مدل رمبش کروی ساده‌ترین فرضی است که برای تشکیل ساختار به کار می‌رود ازینرو ما مدل رمبش کروی را در حضور میدان تکیونی با لاگرانژی جفت شده $F(\phi)R$ بررسی کردیم. در این مدل پارامتر معادله‌ی حالت برخلاف مدل‌های دیگر با زمان تغییر می‌کند اما در قرمزگرایی‌های بالا به مدل استاندارد میل می‌کند. نتایج ما حاکی از آن است که مدل میدان تکیونی جفت شده، بسیار به مدل استاندارد کیهان‌شناسی نزدیک است و تطابق خوبی با داده‌های رصدی دارد.

مراجع

- [1] Gunn, J. E., & Gott III, J. R. (1972). On the infall of matter into clusters of galaxies and some effects on their evolution. *The Astrophysical Journal*, 176, 1.
- [2] Collodel, L. G., & Kremer, G. M. (2015, March). Non-minimally coupled tachyon field with Noether symmetry under the Palatini approach. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1647, No. 1, pp. 29-34). AIP.
- [3] De Souza, R. C., & Kremer, G. M. (2009). Constraining non-minimally coupled tachyon fields by the Noether symmetry. *Classical and Quantum Gravity*, 26(13), 135008.
- [4] Collodel, L. G., & Kremer, G. M. (2015, March). Non-minimally coupled tachyon field with Noether symmetry under the Palatini approach. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1647, No. 1, pp. 29-34). AIP.
- [5] Piao, Y. S., Huang, Q. G., Zhang, X., & Zhang, Y. Z. (2003). Non-minimally coupled tachyon and inflation. *Physics Letters B*, 570(1-2), 1-4.
- [6] Pace, F., Waizmann, J. C., & Bartelmann, M. (2010). Spherical collapse model in dark-energy cosmologies. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 406(3), 1865-1874.
- [7] Setare, M. R., Felegary, F., & Darabi, F. (2017). Evolution of spherical over-densities in tachyon scalar field model. *Physics Letters B*, 772, 70-77.