IPM
پژوهشگاه دانش‌های بنیادی
شماره مقاله : ۹۵

مقاله‌نامه بیست و سومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۰-۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۵)

بررسی تورم میانی- لگاریتمیِ میدان های تاکیونی

نوائی نیک ، الهه[۱] ؛ کمالی ، وحید

[۱]گروه فیزیک ، دانشگاه بوعلی سینا ، همدان

چکیده

در این پژوهش در ابتدا با استفاده از میدان های اسکالر تاکیونی[۱] بر روی شامه[۲]، تورم میانی-لگاریتمی[۳] مورد بررسی قرار میگیرد و سپس با استفاده از شرایط غلتش آرام، معادلات حرکت برای میدان تاکیون محاسبه میشود و با استفاده از پارامترهای اختلال نتایج بدست آمده با مشاهدات مقید میشود. نتایج بدست آمده این مدل با مشاهدات همخوانی دارد.

مقدمه:

مهم‌ترین مدل شناخته شده برای سیر تکامل عالم ، مدل کیهان شناسی استاندارد مهبانگ[٤] است که این مدل با محدودیت هایی مواجه است نظیر مشکل تختی[٥]، مشکل افق[٦]و مشکل تک قطبی[٧] . برای حل این مشکلات مدلی به نام تورم[٨]ارائه شد[1]. تورم کیهانی مربوط به انبساط اولیه جهان با سرعتی بسیار زیاد میباشد. دوره تورمی از 10^{-35} تا 10^{-32}ثانیه پس از مهبانگ رخ داده است. یکی از نظریات در علم کیهان شناسی وجود ابعاد بالاتر از ٤ بعد میباشد و در این مدل ها فرض میشود که ما در یک کیهان ٥ بعدی قرار گرفته‌ایم و البته کیهان قابل مشاهده ما روی یک ابر سطح ٤ بعدی یا همان شامه قرار گرفته است. قبول کردن این فرض باعث ایجاد تصحیحاتی در معادله فریدمان می شود که لازم به ذکر است تصحیح وارد شده در کار ما بصورت $(1+\frac{\rho_\varphi}{2\tau})$ می باشد. اثرات تختی و همگنی بعد از تورم پابرجا بوده است بنابراین در جهانی با متریک فریدمان-رابرسون-واکر(FRW) کار خواهیم کرد:

$$ds^2 = g_{\mu\theta}dx^\mu = -dt^2 + a^2(t)\delta_{ij}dx^i dx^j$$

که در متریک بالا a فاکتور مقیاس میباشد که برای هر مدلی از تورم بصورت متفاوتی تعریف میشود. بعنوان مثال: تورم قانون-توانی بصورت $a(t) = t^q$ و تورم معمولی $a(t) = \exp(pt)$ و در تورم میانی – لگاریتمی برای $t > 1$ بصورت زیر تعریف میشود [2] :

$$a(t) = \exp(A(\ln t)^\lambda)$$

در ادامه مقاله با استفاده از معادلات فریدمان ، معادلات پیوستگی و اعمال شروط غلتش آرام ، معادله حالت را برای مدل تاکیون مورد نظر بدست می‌آوریم و با استفاده از معادله حرکت بدست آمده پارامتر های غلتش آرام را برحسب میدان تاکیون مینویسیم.

1-Tachyon Scalar
2- Brain
3-Logamediate Inflation
4-Big Bang
5- Flatness Problem
6- Horizon Problem
7- Monopole Problem
8- Inflation

مدل تاکیونی: مدل تورم تاکیونی در فضای FRW به کمک یک سیال توصیف میشود که تانسور انرژی تکانه آن به صورت $T^{\mu}_{\nu}=$ $diag(-\rho_\varphi, p_\varphi, p_\varphi, p_\varphi)$ است که p_φ فشار بر حسب میدان φ میباشد و ρ_φ پارامتر چگالی انرژی بر حسب میدان φ میباشد. φ میدان تاکیون مورد نظر میباشد: [3]

$$\rho_\varphi = \frac{V(\varphi)}{\sqrt{1-\dot{\varphi}^2}} \qquad (1)$$

$$p_\varphi = -V(\varphi)\sqrt{1-\dot{\varphi}^2} \qquad (2)$$

$V(\varphi)$ پتانسیل برحسب میدان φ میباشد. معادله فریدمان برای میدان تاکیون بر روی پوسته در یک فضای تخت FRW بصورت زیر تعریف میشود:

$$3H^2 = \rho_\varphi\left(1+\frac{\rho_\varphi}{2\tau}\right) \quad , \quad \rho_\varphi \gg \tau \qquad (3)$$

$$3H^2 = \frac{{\rho_\varphi}^2}{2\tau} \qquad (4)$$

و معادله پیوستگی:

$$\dot{\rho}_\varphi + 3H(\rho_\varphi + p_\varphi) = 0 \qquad (5)$$

با استفاده از رابطه (1), (2), (5) رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\frac{\ddot{\varphi}}{1-\dot{\varphi}^2} + 3H\dot{\varphi} + \frac{\acute{V}}{V} = 0 \qquad (6)$$

و با اعمال شرایط غلتش آرام در تورم خواهیم داشت:

$$\dot{\varphi} = \sqrt{-\frac{\dot{H}}{3H^2}} \qquad (7)$$

در نتیجه $\varphi(t)$ بصورت زیر بدست می‌آید:

$$\varphi(t) = \int \sqrt{\frac{1}{3A\lambda}}(\ln t)^{-\frac{\lambda}{2}}(\ln t - \lambda + 1)^{\frac{1}{2}}dt \qquad (8)$$

با توجه به اعمال $\ddot{\varphi} \ll 1$ در رابطه (1) :

$$3H^2 = \frac{{V_\varphi}^2}{2\tau} \qquad (9)$$

پارامتر های غلتش آرام را برای مدل تاکیونی بصورت زیر است:

$$\eta = \frac{1}{2H}\left[-\frac{\ddot{V}}{\dot{V}} + \frac{\dot{H}}{H} + \frac{\dot{V}}{V}\right] \qquad (10)$$

$$\varepsilon = -\frac{\dot{H}}{H^2} \qquad (11)$$

این پارامتر ها برای مدل تاکیونی روی شامه بصورت زیر محاسبه شده است:

با استفاده از تقریب $\frac{\lambda-1}{\ln t} \ll 1$ میتوان نوشت [4]:

$$\eta = \frac{1}{A\lambda(\ln t)^{\lambda-1}}\left[-1 + \frac{1}{\ln t}\right] \qquad (12)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{A\lambda(\ln t)^{\lambda-1}} \qquad (13)$$

$$N(\varphi) = \int_{t_1}^{t_2} H dt \qquad (14)$$

و پارامترهای اختلال را برای میدان تاکیون بدست آورد.طیف توان بصورت زیر تعریف میشود:

$$p_r = \left(\frac{H^2}{2\pi\dot{\varphi}}\right)^2 \frac{1}{V} = -\frac{3}{2\pi t^2}\frac{(\ln t)^{2\lambda-2}}{[-1+(\lambda-1)(\ln t)^{-1}]} * (6\tau)^{\frac{-1}{2}} \qquad (15)$$

و اندیس طیف توانی برای این مدل بصورت زیر خواهد بود:

$$n_s = 1 + 2(\eta - \varepsilon) \qquad (16)$$

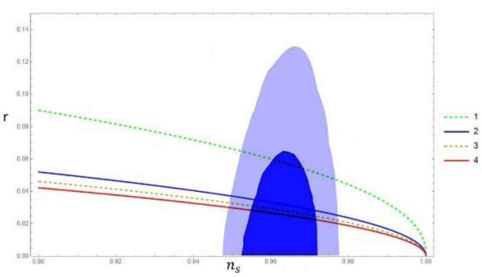
پس طیف توان از اختلالات تانسوری میتواند بصورت زیر نوشته شود:

$$p_g = 8\left(\frac{H}{2\pi}\right)^2\left(\frac{3}{\tau^3}\right)^{\frac{1}{4}} H^{\frac{1}{2}} \qquad (17)$$

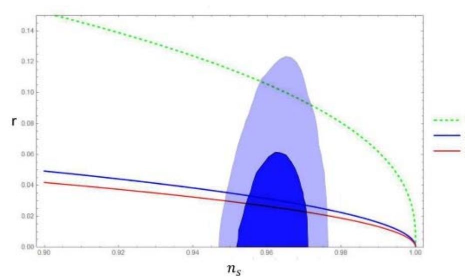
نسبت طیف تانسوری اختلالات به طیف اسکالر به صورت زیر میباشد:

$$r = \frac{p_g}{p_r} = 8(1-n_s)^{\frac{1}{2}}\exp\left(\frac{4}{\lambda A(1-n_s)}\right)^{\frac{1}{\lambda-1}} * \left(\frac{3}{\tau^3}\right)^{\frac{1}{4}} \qquad (18)$$

در ادامه مدل پیشنهادی ونتایج حاصل از محاسبات را با داده های رصدی ماهواره پلانک مقید میکنیم. با استفاده از نتایج بالا و با استفاده از روش های آماری مطابق شکل های ۱ و ۲ می‌توان مقادیری برای ثابت های مدل (λ, A) بدست آورد که بیشترین همخوانی را با مشاهدات داشته باشد.



شکل (1)



شکل (2)

نتیجه گیری:

ما در این مقاله به بررسی تورم میانی-لگاریتمیِ میدان های تاکیونیِ رو شامه پرداختیم. با استفاده از معادله فریدمان و پیوستگی، معادله میدان و پتانسیل را برای مدل مورد نظر بدست آوردیم و در ادامه پارامترهای غلتش آرام را حساب کرده و در پایان با انجام محاسبات و تطبیق دادن نتایج بدست آمده با داده های رصدی پلانک هماهنگی بین مدل پیشنهادی با مشاهدات ، قابل تایید می باشد.

[1] - A. Guth, Phys. Rev. D 23, 347, (1981); A. Albrecht and P. J. Steinhardt, Phys. Rev. Lett. 48, 1220, (1982); A complete description of inflationary scenarios can be found in the book by A.Linde, "Particle physics and inflationary cosmology," (Gordon and Breach, New York, 1990).

[2] -J. D. Barrow, Class. Quantum Grav. 13, 2965 (1996).

[3] - A. Sen, Mod. Phys. Lett. A 17, 1797, (2002); M. Sami, P. Chingangbam and T. Qureshi, Phys. Rev. D 66, 043530, (2002).

[4]- M. R. Setare and V. Kamali,Phys. Rev D 87 (2013) 083524.