مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)

بررسی مدل گاز چاپلین تعمیم یافته برهم‌کنشی با داده‌های ابرنواخترهای نوع یک آ

امین صالحی [۱]، اسما علائی [۲]

[۱] گروه فیزیک دانشگاه لرستان

[۲] دانشگاه بوعلی سینا

چکیده

در این پژوهش مدل گاز چاپلین تعمیم یافته جدید برهم‌کنشی را با داده های ابرنواخترهای نوع یک آ مقایسه کرده و بهترین تناسب را بین رصد و تئوری به دست آورده و پارامترهای مناسب مدل را با استفاده از داده‌های ابرنواختر حساب می‌کنیم.

در کیهان فریدمان‌رابرتسون‌واکر، سیال نامتعارفی به نام گاز چاپلین تعمیم یافته جدید، که معادله حالت آن مطابق زیر است را در نظر می‌گیریم[۱].

$$p_{ch} = -\frac{\dot{A}(a)}{\rho_{ch}{}^{\alpha}} = \frac{\omega_X A a^{-3(1+\omega_X)(1+\alpha)}}{\rho_{ch}{}^{\alpha}} \qquad (۱)$$

که α عددی حقیقی، A ثابتی مثبت و ω_X مقداری بین $(-1.46,-0.78)$دارد. چگالی انرژی این مدل برابر است با:

$$\rho_{ch} = \left[A e^{-3x(1+\omega_X)(1+\alpha)} + B e^{-3x(1+\alpha)} \right]^{\frac{1}{1+\alpha}} \qquad (۲)$$

که B ثابت انتگرال گیری می‌باشد. قانون پایستگی انرژی با فرض برهم‌کنش بین دو جزء در نظر می‌گیریم.

$$\dot{\rho}_{ch} + 3H(p_{ch} + \rho_{ch}) = -Q \quad \text{و} \quad \dot{\rho}_m + 3H\rho_m = Q \qquad (۳)$$

Q تبادل انرژی را نشان می‌دهد که بعد آن چگالی در عکس زمان می‌باشد. بنابراین ترم برهم کنش تابعی از $H\rho_m$ و $H\rho_{ch}$ خواهد بود به طوری که $Q = Q(H\rho_{ch}, H\rho_m)$. با بسط تیلور رابطه داریم $Q \propto H(\rho_{ch} + \rho_m)$ [۲]. ضمن معرفی یک پارامتر کوپلینگ c برای ترم برهم‌کنش خواهیم داشت:

$$Q = 3Hc(\rho_{ch} + \rho_m) \qquad (٤)$$

از داده‌های ابرنواختری مشخص شده است که پارامتر کوپلینگ c مقداری کوچک و نزدیک به واحد دارد. در روابط از $x = \ln a = -\ln(1+z)$ استفاده شده است که a ضریب مقیاس کیهانی و z انتقال به سرخ می‌باشد. بنابراین چگالی و فشار مدل گاز چاپلین تعمیم یافته جدید را می‌توان توسط پارامترهای بدون بعد K و M بیان کرد.

$$\mathrm{K} = \Omega_{ch} = \frac{\rho_{ch}}{\rho_{cr}} = \frac{\kappa^2 \rho_{ch}}{3H^2} \qquad \text{و} \qquad \mathrm{M} = \frac{\kappa^2 p_{ch}}{3H^2} \qquad (۵)$$

مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)

پارامتر معادله حالت برای این مدل برابر است با:

$$\omega_X(x)=\frac{p_{ch}}{\rho_{ch}}=\frac{\mathrm{M}}{\mathrm{K}} \qquad (٦)$$

چگالی ماده تاریک و گاز چاپلین تعمیم یافته جدید طبق رابطه زیر به هم ارتباط پیدا می‌کنند.

$$\Omega_m=\frac{\kappa^2\rho_m}{3H^2}=1-\Omega_{ch}=1-\mathrm{K} \qquad (۷)$$

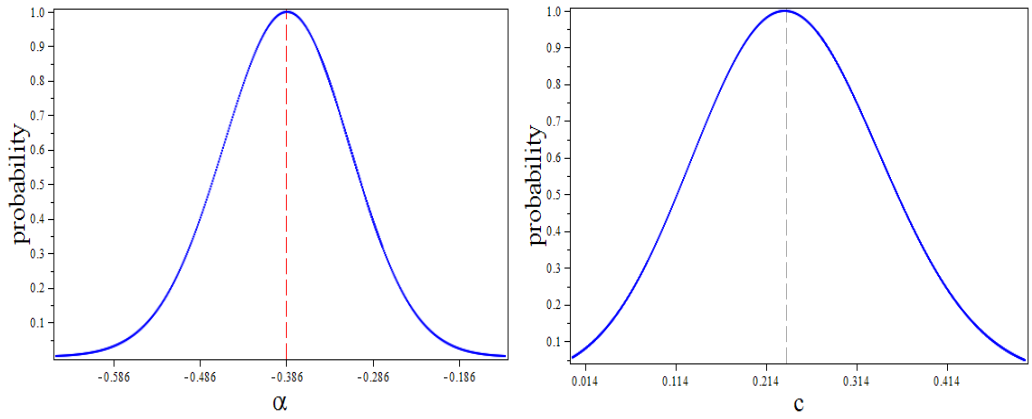
با جایگذاری روابط (۵) و (٦) و (۷) در (۳) خواهیم داشت [۱]:

$$\frac{d\,\mathrm{K}}{dx}=-3c-3\mathrm{M}+3\mathrm{MK} \quad \text{و} \quad \frac{d\,\mathrm{M}}{dx}=3\frac{\alpha\mathrm{M}}{\mathrm{K}}(\mathrm{K}+\mathrm{M}+c)+3\mathrm{M}(1+\alpha)(1+\omega_x)+3\mathrm{M}(1+\mathrm{M}) \qquad (۸)$$

در این پژوهش از روش آماری X^2 استفاده شده که طبق تعریف برابر است با:

$$\mathrm{X}^2{}_{sn}=\sum_{i=1}^{557}\frac{\left[\mu^{obs}(z_i)-\mu^{th}(z_i)\right]^2}{\sigma^2(z_i)} \qquad (۹)$$

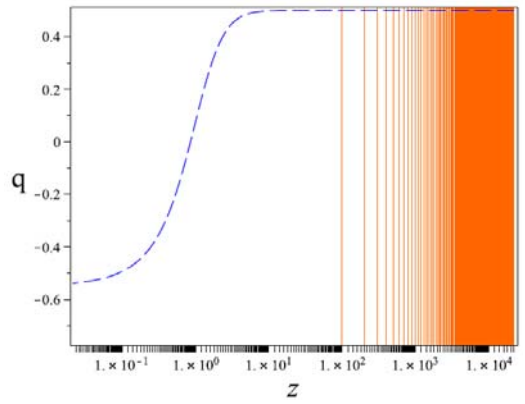
$\mu^{th}(z_i)$ مدول فاصله تئوری می باشد که برابر با $\mu^{th}(z_i)=5\log_{10}d_L(z)+42.38$ است. $\mu^{obs}(z_i)$ از داده‌های ابرنواخترهای نوع یک آ حاصل می‌شود و $\sigma(z_i)$ خطای داده‌های رصدی است. با فیت کردن داده‌های ابرنواختر های نوع یک آ با مدل، مناسب ترین مقدار برای پارامترهای α و c به صورت -0.4 و 0.23 محاسبه شد.



شکل ۱ : تابع احتمال یک بعدی برای پارامترهای α و c

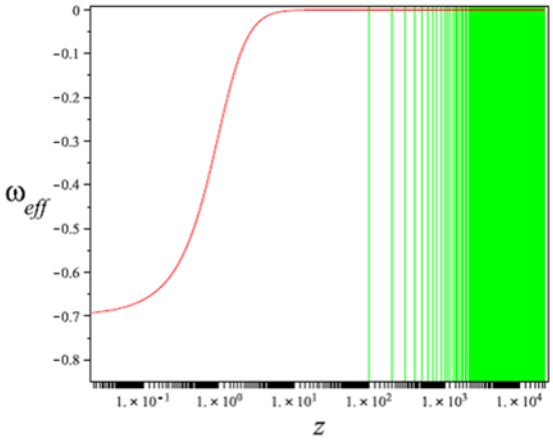
پارامتر کاهندگی q به صورت $q=-1-\frac{\dot{H}}{H^2}=\frac{1}{2}(1+3\mathrm{K})$ محاسبه می‌شود که با مقادیر به دست آمده برای پارامترها رسم شده است.

مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)



شکل۲: نمودار پارامتر کاهندگی بر حسب ضریب مقیاس

پارامتر موثر حالت طبق رابطه $\omega_{eff} = -1+\frac{2}{3}(1+q)$ به دست می‌آید که مطابق شکل زیر رسم شده است و شتاب کنونی کیهان را نشان می‌دهد.



شکل۳: نمودار پارامتر حالت موثر بر حسب ضریب مقیاس

نتیجه گیری

در این پژوهش با فیت کردن داده‌های ابرنواختر نوع یک آ با مدل گاز چاپلین تعمیم یافته برهم‌کنشی بهترین مقدار را برای پارامتر α و c محاسبه شد. در سایر کارهای انجام شده در این زمینه مقدار دقیقی برای این پارامترها به دست نیامده و فقط بازه ای را برای مقادیر این پارامترها در نظر گرفته‌اند. مقادیر به دست آمده به خوبی شتاب کنونی کیهان را توضیح می‌دهند. نمودارهای پارامتر موثر حالت و پارامتر کاهندگی به خوبی هم این شتاب کنونی را توضیح می دهند و نشان می‌دهند که کیهان قبل از رسیدن به فاز شتابدار عالم از مرحله ماده غالب عبور کرده است.

مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)

مرجع‌ها

[1] M. Jamil, *Int.J.Theor.Phys* .49:62-**71**(2010).

[2] M. R. Setareh, E. C. Vagenas, *phys. Lett*. B **666** (2008) 111.