# اندرکنش بین گاز چاپلین تغییر یافته کشسان و سیال تاکیونی

جعفر صادقی و هدی فراهانی

*دانشگاه مازندران*

*دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک*

**چکیده**

*در این مقاله اندرکنش بین گاز چاپلین تغییر یافته کشسان و سیال تاکیونی مورد مطالعه قرار می گیرد. ما به صورت عددی معادله پایستگی را حل نموده و چگالی انرژی گاز چاپلین تغییر یافته در حضور کشسانی را با ضریب مقیاس مشخص به دست می آوریم و سپس پتانسیل تاکیونی را می سازیم.*

**مقدمه**

اخیرا اندرکنش بین گاز چاپلین و چاپلین تعمیم یافته با سیال تاکیونی مورد مطالعه قرار گرفته است [1 و 2]. اکنون ما از دو جهت این مطالعات را توسعه بخشیدیم. ابتدا گاز چاپلین تغییر یافته را که دارای معادله حالتی کلی تر از گاز چاپلین و چاپلین تعمیم یافته می باشد را در نظر گرفتیم. سپس فرض کردیم که گاز چاپلین تغییر یافته دارای کشسانی و چسبندگی نیز می باشد. همانگونه که می دانیم وجود چسبندگی نقش مهمی در تحول جهان بازی می کند و به همین دلیل این امکان که گاز چاپلین دارای کشسانی یا چسبندگی باشد مطرح گردید [3–6]. ما نیز در اینجا از این ایده استفاده نموده و اندرکنش بین گاز چاپلین تغییر یافته کشسان را با سیال تاکیونی مورد مطالعه قرار می دهیم.

**معادلات میدان**

همانگونه که می دانیم در مدل فریدمن–رابرتسون–واکر، جهان با متریک زیر توصیف می گردد،

$$ds^2 = -dt^2 + a^2(dr^2 + r^2 d\Omega^2) \qquad (1)$$

که در آن $a$ ضریب مقیاس وابسته به زمان می باشد. فرض می کنیم که جهان مملو از گاز چاپلین به عنوان انرژی تاریک و سیال تاکیونی به عنوان ماده تاریک است و این دو با یکدیگر در اندرکنش می باشند. اگر چگالی انرژی کل به صورت مجموع چگالی انرژی تاریک و چگالی ماده تاریک تعریف گردد،

$$\rho_{tot} = \rho_{de} + \rho_{dm} \qquad (2)$$

در اینصورت معادلات فریدمن عبارتند از،

$$H^2 = \frac{\rho_{tot}}{3} \qquad (3)$$

و

$$-\frac{\ddot{a}}{a}=\frac{1}{6}(\rho_{tot}+p_{tot}) \quad (4)$$

که $H$ پارامتر هابل و $p_{tot}$ فشار کل می باشند. سپس معادله پایستگی شامل جمله اندرکنش به صورت زیر جدا می گردد،

$$\dot{\rho}_{de}+3(\rho_{de}+p_{de})H=Q \quad (5)$$

$$\dot{\rho}_{dm}+3(\rho_{dm}+p_{dm})H=-Q \quad (6)$$

همانگونه که گفتیم ماده تاریک، سیال تاکیونی می باشد، پس معادله حالت و پتانسیل تاکیونی را به صورت زیر می نویسیم،

$$\omega_{TF}=\frac{p_{TF}}{\rho_{TF}} \quad (7)$$

$$V=\sqrt{-p_{TF}\rho_{TF}} \quad (8)$$

ضرایب به واسطه قید $V\longrightarrow 0$ معین گردیده اند.

**معادله حالت**

رابطه بین فشار و چگالی گاز چاپلین تغییر یافته کشسان به صورت زیر است،

$$p_{de}=\mu\rho-\frac{B}{\rho^{\alpha}}-3\xi H \quad (9)$$

که $\xi$ ضریب کشسانی و$\mu$ یک پارامتر ثابت مثبت می باشد. به طوری که اگر $\mu=\xi=0$ باشد نتایج مراجع [1 و 2] را پوشش می دهیم. همچنین $B$ معمولا یک پارامتر ثابت در نظر گرفته می شود اما در اینجا ما فرض می کنیم که به صورت زیر متغیری از ضریب مقیاس باشد،

$$B=-\omega(t)B_0a^{-3(1+\omega(t))(1+\alpha)} \quad (10)$$

که در آن

$$\omega(t)=\omega_0+\omega_1\left(\frac{\dot{H}}{H}t\right) \quad (11)$$

**اندرکنش و ضریب مقیاس**

جمله اندرکنش در حالت کلی می تواند به شکل زیر تعریف گردد،

$$Q=q(\gamma\rho+3bH\rho) \quad (12)$$

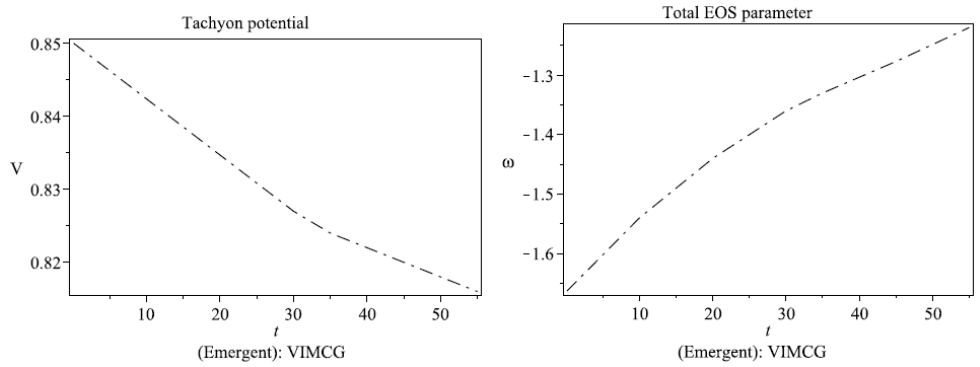
که $q=-\left(1+\dot{H}/H^2\right)$. همچنین ما مدلی را برای انبساط عالم انتخاب می کنیم که در آن ضریب مقیاس به صورت زیر تعریف می گردد،

$$a = a_0(c + e^{Kt})^m \qquad (13)$$

که $c$ ، $a_0$ ، $K$ و $m$ پارامتر های ثابت مثبتی هستند.

**پتانسیل و معادله حالت**

برای به دست آوردن پتانسیل تاکیونی و معادله حالت کل ما ضریب مقیاس (13) و اندرکنش (12) را به همراه معادله (9) در معادله پایستگی (5) به کار می بریم تا $\rho_{de}$ که در واقع چگالی گاز چاپلین تغییر یافته کشسان می باشد به دست آید. سپس با استفاده از معادلات (3) ، (4) ، (7) و (8) می توانیم پتانسیل تاکیونی و معادله حالت کل را پیدا کنیم. محاسبات عددی ما در شکل 1 مشخص شده اند.




شکل 1. نمودار پتانسیل تاکیونی (سمت چپ) و معادله حالت کل (سمت راست)

$A =$

## نتیجه گیری

نمودار معادله حالت کل $\omega_{TF} > -1$ مبتنی بر رفتار فانتوم گونه است که سازگاری خوبی با داده های تجربی دارد و با بررسی رابطه $C_s{}^2 = \frac{dP}{d\rho}$ با توجه به شرط $C_s{}^2 > 0$ وجود پایداری در این مدل اثبات می شود.

## مراجع


1. M. Khurshudyan, "Interaction between variable Chaplygin gas and Tachyonic matter", [arXiv:1301.4990 [gr-qc]]
2. M. Khurshudyan, "Interaction between Generalized Varying Chaplygin gas and Tachyonic Fluid", [arXiv:1301.1021 [gr-qc]]
3. Xiang-Hua Zhai et al. Int.J.Mod.Phys.D15 (2006) 115
4. H. Saadat and B. Pourhassan, Astrophys Space Sci. 343 (2013) 783
5. Y. D. Xu et al. Astrophys Space Sci 337 (2012) 493
6. H. Saadat and B. Pourhassan, Astrophys Space Sci. 343 (2013) 783