

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



PROPOSAL

پروپوزال

مركز آموزش پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



مركز آموزش روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی

کارگاه آنلاین روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی



ISI Scopus

مركز آموزش آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترکیه های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترکیه های جستجو

حل های دقیق کیهانشناسی و پتانسیل آفتاب پرستی^۱ جدید

حضرتی، مصطفی^{*}؛ شجاعی، فاطمه^{*}

^{*}دانشکده فیزیک دانشگاه تهران، انتهای خیابان کارگر شمالی، تهران

چکیده

در این مقاله به معرفی پتانسیل جدیدی می پردازیم که ضمن برآورده کردن شرایط پتانسیل آفتاب پرست حلی دقیق در مقیاس کیهانی در اختیار ما قرار می دهد. این پتانسیل به صورت جمع دو تابع نمایی است و کران مناسب پارامترهای آن بدست می آید.

New Chameleon Potential and Cosmological Exact Solutions

Hazrati, Mostafa¹; Shojai, Fatimah¹

¹ Department of Physics, University of Tehran, Tehran

Abstract

In this paper we introduce a new potential which satisfies the potential requirements of Chameleon mechanism. It is a linear combination of two exponential terms and gives an exact solution on the cosmic scale. Then appropriate bounds on the parameters are obtained.

PACS No 04

شدگی با آزمایش های موضعی گرانش سازگار نیست مگر اینکه سازو کاری وجود داشته باشد که نیروی پنجم را در آزمایشات موضعی تضعیف کند[۱].

سازو کار موجود در این مورد سازو کار آفتاب پرست[۲] است که عدم سازگاری جفت شدگی های خصوصا بزرگ را با قیدهای موضعی گرانش برطرف می کند. در این سازوکار جرم میدان اسکالری به چگالی موضعی محیط وابسته است. در نواحی با چگالی بالا (مثل زمین) میدان جرم بزرگی دارد و در نتیجه کوتاه برد خواهد بود در حالیکه در نواحی با چگالی پایین (مثل فضای بین ستاره ای) میدان جرم کوچکی خواهد داشت.

در این سازو کار عموما دو نوع پتانسیل توانی و نمایی معرفی می شود [۲] که در حد میدان اسکالری بزرگ اولی به صفر و دومی به یک ثابت میل می کند [۳و۴] و بعلاوه با کمک هر دو آنها در مقیاس کیهانی میتوان پاسخ های تقریبی را بدست آورد [۲]. ما در این مقاله از جمع دو تابع نمایی به عنوان پتانسیل استفاده

مقدمه

انبساط شتاب دار عالم یکی از بزرگترین کشفیات اخیر کیهان شناسی می باشد. با در نظر گرفتن مشاهدات تجربی و نظری برای توصیف شتاب کیهان میتوان از ثابت کیهان شناسی اینشتین و مدل های دیگر بهره جست. مدل عامی که برای توصیف شتاب کیهان به کار می رود غلتش آهسته ی یک میدان اسکالر است که مدل پنجمگهر^۲ نامیده می شود، در این مدل میدان اسکالری حاوی فشار منفی است که باعث انبساط شتاب دار عالم می شود. بعلاوه در این مدل معمولا مسأله تنظیم ظریف از طریق پتانسیل های پیرو^۳ حل می شود.

اگر میدان اسکالر پنجمگهر به ماده غیر نسبیتی جفت شود حاصل آن ظاهر شدن نیروی پنجمی است که به لحاظ تجربی می تواند روی پارامترهای جفت شدگی قید بگذارد. در حقیقت جفت شدگی از مرتبه واحد اغلب در نظریه های ابر ریسمان و ابرگرانش پدیدار می شود. در حالت کلی وجود چنین جفت

می‌کنیم. این پتانسیل با برآورده کردن شرایط لازم برای سازو کار آفتاب پرست، در مقیاس کیهانی حل دقیقی در اختیار ما قرار می‌دهد که در بخش بعدی به معرفی آن خواهیم پرداخت. در [۵] با فرض پتانسیل مذکور نشان داده شده است که با انتخاب مقادیر مناسب پارامترهای پتانسیل میدان پنجمگهر از نوع پیرو می‌باشد ضمن آنکه چگالیهای ماده غیر نسبیتی و انرژی تاریک امروزی نیز از یک مرتبه اند. در کار حاضر سعی داریم نشان دهیم این پتانسیل میتواند شرایط پتانسیل آفتاب پرست را دارا باشد. بعلاوه در ادامه با کمک اطلاعات اخیر ماهواره پلانک [۶] که بر طبق آن $\rho_{DE} = 3.34 \times 10^{-47} \text{ GeV}^4$ است می‌بینیم که با تنظیم ظریف پارامترهای پتانسیل میتوان به مقدار فعلی چگالی انرژی تاریک دست یافت.

مدل مورد مطالعه

کنش مورد مطالعه در سازوکار آفتاب پرست در تصویر اینشتین به صورت زیر است:

$$S_E = \int d^4x \sqrt{-g} \left[\frac{R}{12\alpha^2} - \frac{1}{2}(\nabla\phi)^2 - V(\phi) + L_m(e^{-2\alpha\phi} g_{\mu\nu}, \phi_m) \right] \quad (1)$$

که $\alpha = \sqrt{\frac{4\pi G}{3}}$ ، ϕ میدان اسکالر آفتاب پرست و $V(\phi)$ تابع پتانسیل است. با وردش گیری از کنش بالا به معادلات میدان زیر در فضای تخت فریدمن-رابرتسون-واکر خواهیم رسید [۷]:

$$H^2 = 2\alpha^2(\rho_\phi + \rho_m) \quad (2)$$

$$\dot{\rho}_m + 3H\rho_m = -\alpha\dot{\phi}\rho_m \quad (3)$$

$$\dot{\rho}_\phi + 3H(1+\omega)\rho_\phi = \alpha\dot{\phi}\rho_m \quad (4)$$

که ρ_m چگالی ماده ی غیر نسبیتی و $\rho_\phi = \frac{1}{2}\dot{\phi}^2 + V$ و $P_\phi = \frac{1}{2}\dot{\phi}^2 - V$ به ترتیب چگالی و فشار میدان اسکالری و

$$H^2 = 2\alpha^2(\rho_m + \frac{1}{2}\dot{\phi}^2 + V) \quad (5)$$

$$\rho_m = \rho_m^0 \left(\frac{a}{a_0}\right)^{-3} e^{-\alpha(\phi-\phi_0)} \quad (6)$$

$$\ddot{\phi} + 3H\dot{\phi} + \frac{dV}{d\phi} = \alpha\rho_m \quad (7)$$

در روابط بالا معادله (۶) پس از انتگرال گیری از معادله (۳) بدست آمده است. با تغییر متغیر $u = \frac{a}{a_0}$ و معرفی پتانسیل به صورت جمع دو تابع نمایی حل دقیق زیر برای معادله میدان (۷) بدست می‌آید [۵]

$$\phi = c \ln u \quad (8)$$

و پتانسیل نظیر حل فوق عبارت است از [۵]:

$$V(\phi) = s e^{-6\alpha^2|\phi|} + n e^{-\left(\frac{3}{|c|} + \alpha\right)\phi} \quad (9)$$

c و s پارامترهای آزاد هستند و $n = \frac{\rho_m^0 e^{-\alpha\phi_0} \alpha c (1-3\alpha c)}{6\alpha^2 c^2 - \alpha c - 3}$ می‌باشد.

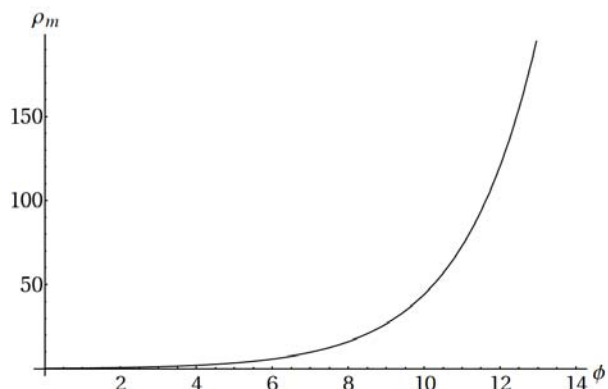
با استفاده از رابطه ی (۸) معادله (۶) را میتوان چنین نوشت:

$$\rho_m = \rho_m^0 e^{-(3+\alpha c)\phi/c} \quad (10)$$

در رابطه ی بالا فرض کرده ایم که ϕ_0 صفر است.

از جمله خواص پتانسیل آفتاب پرست این است که مشتق اول آن باید همواره منفی و افزایشی باشد، ضمن آنکه مشتق دوم آن همواره باید مثبت و کاهشی باشد. با یک محاسبه ساده با اعمال شرایط مذکور برای پتانسیل (۹) به کرانه‌های زیر برای پارامترها می‌رسیم

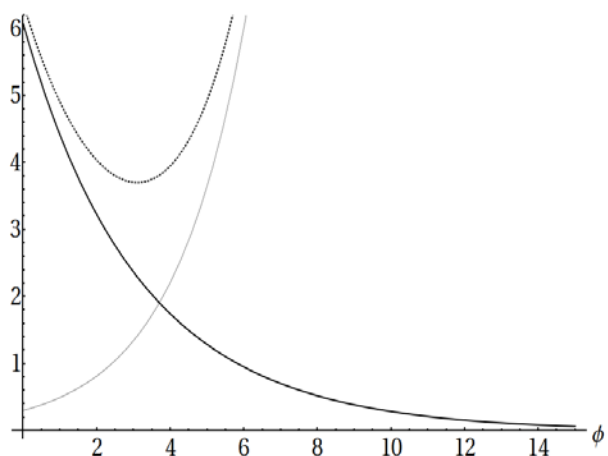
$$-0.63 < \alpha c < 0; \quad s > 0 \quad (11)$$



شکل (۱) چگالی ماده بر حسب میدان آفتاب‌پرست برای

$$\alpha = 0.1/M_{planck}; c = 5M_{planck}$$

نمودار (۲) رفتار پتانسیل موثر را نشان می‌دهد، همانطور که مشاهده می‌کنیم اگر چه پتانسیل (۹) مثل پتانسیلهای توانی و نمایی در فضای پارامتری (۱۱) بطور یکنوا کاهش می‌یابد، وجود جفت شدگی با ماده به پتانسیل (۱۵) می‌انجامد که دارای یک کمینه است که مقدار آن بستگی به چگالی ماده غیر نسبیتی دارد و همانطور که قبلا اشاره شد این مشخصه اصلی یک پتانسیل آفتاب‌پرست می‌باشد.



شکل (۲) پتانسیل موثر (نقطه‌چین)، پتانسیل (سیاه) و چگالی ماده (معمولی)

بر حسب میدان آفتاب‌پرست برای

$$\alpha = 0.1/M_{planck}; c = 5M_{planck}; S = 5.7\rho_c$$

که 0.63 - ریشه کوچکتر چند جمله‌ای مرتبه دوم موجود در مخرج n میباشد. به ازای این کران مشتق اول پتانسیل با افزایش میدان از یک مقدار منفی، با ازای میدان مساوی صفر، به مقدار صفر، به ازای میدان بسیار بزرگ، به طور یکنوا افزایش می‌یابد و مشتق دوم آن با افزایش میدان از یک مقدار مثبت، با ازای میدان مساوی صفر، به مقدار صفر، به ازای میدان بسیار بزرگ، به طور یکنوا کاهش می‌یابد. بدین ترتیب کران پارامترهای مدل برای اینکه سازو کار آفتاب‌پرست را برآورده سازد مطابق (۱۱) داده میشود.

از طرف دیگر معادله حاکم بر میدان اسکالر در تصویر اینشتین به صورت زیر است:

$$\nabla^2\phi = V_{eff,\phi}(\phi) \quad (12)$$

که

$$V_{eff}(\phi) = V(\phi) + \rho e^{-\alpha\phi} \quad (13)$$

پتانسیل مؤثر میدان آفتاب‌پرست می‌باشد. در رابطه بالا ρ چگالی ماده ی غیر نسبیتی است که در معادله ی پیوستگی صدق می‌کند.

$$\rho = \rho_m^0 \left(\frac{a}{a_0}\right)^{-3} \quad (14)$$

بنابراین:

$$V_{eff}(\phi) = V(\phi) + \rho_m \quad (15)$$

که ρ_m توسط رابطه (۱۰) داده شده است. رفتار ρ_m با افزایش ϕ در شکل (۱) با انتخاب خاصی از پارامترها که در (۱۲) صدق میکند، رسم شده است. مطابق این شکل ρ_m با افزایش میدان همانطور که انتظار داریم افزایش می‌یابد.

[1] L. Amendola, and S. Tsujikawa, *DARK ENERGY Theory and Observation* (Cambridge University Press), (2010).

[2] T.P. Waterhous arXiv:astro-ph/0611816 (2006).

[3] J. Khoury and A. Weltman, "Chameleon Cosmology", *Phys. Rev. Lett.* **93**, 171104, (2004), and *Phys. Rev. D.*, **69**, 044026, (2004).

[4] P. Brax, C. van de Bruck, A. C. Davis, "Is The Radion a Chameleon", *JCAP*, 0411, 004, (2004).

[5] F. Shojai, R. Moti, and F. Najdat, "Tracker Coupled quintessence", *Phys. Rev. D.*, **87**, 043007 (2013).

[6] Ade, P. A. R.; Aghanim, N.; Armitage-Caplan, C.; et al. (Planck Collaboration) "Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results - Table 9." *Astronomy and Astrophysics* (submitted). arXiv:1303.5062; Ade, P. A. R.; Aghanim, N.; Armitage-Caplan, C.; et al. (Planck Collaboration) (31 March 2013). "Planck 2013 Results Papers". *Astronomy and Astrophysics* (submitted). arXiv:1303.5062; Ade, P. A. R.; Aghanim, N.; Armitage-Caplan, C.; et al. (Planck Collaboration) (22 March 2013). "Planck 2013 results. XVI. Cosmological parameters". *Astronomy and Astrophysics* (manuscript no. draft p1011). arXiv:1303.5076.

[7] L. Amendola, M. Quartin, S. Tsujikawa, and I. Waga, "challenges for scaling cosmologies", *Phys. Rev. D.*, **74**, 023525 (2006).

البته لازم به ذکر است که مهمترین ویژگی پتانسیل معرفی شده در اینجا این است که یک حل دقیق در مقیاس کیهانی در اختیار ما قرار می دهد. برای بدست آوردن کمینه میدان اسکالری، با استفاده از رابطه ی (۱۵) خواهیم داشت:

$$n\left(\frac{3}{|c|} + \alpha\right)e^{-\left(\frac{3}{|c|} + \alpha\right)\phi_{\min}} + 6\alpha^2 |c| s e^{-6\alpha^2 |c| \phi_{\min}} + 0.3\rho_c \left(\frac{3}{c} + \alpha\right)e^{-\left(\frac{3}{c} + \alpha\right)\phi_{\min}} = 0 \quad (16)$$

از آنجا که در کیهان امروزی میدان آفتاب پرست در ناحیه هموار پتانسیل موثر قرار دارد میتوان از انرژی جنبشی آن صرفنظر کرد و در نتیجه مقدار پتانسیل موثر در مقدار کمینه میدان اسکالری همان چگالی انرژی تاریک امروزی میباشد. با در نظر گرفتن مقادیر پارامترها

$$\alpha = \frac{1}{M_{pl} \sqrt{6}}, \quad c = -2.31 \times 10^{18} \text{ GeV}, \quad s = 5\rho_c$$

کمینه پتانسیل $\phi_{\min} = 1.16 \times 10^{18} \text{ GeV}$ بدست می آید. با استفاده از این مقدار چگالی انرژی تاریک $\rho_{DE} = 3.34 \times 10^{-47} \text{ GeV}^4$ بدست می آید که با آنچه که در [۶] آمده همخوانی دارد. این مطلب نشان می دهد که انتخاب مجموع دو نمایی برای تابع پتانسیل برای همخوانی با داده های رصدی نیاز به تنظیم ظریف پارامترها دارد. البته ناگفته نماند که این امر برای سایر پتانسیلها مثل توانی نیز صادق است. [۲]

Chameleon¹
Quintessence²
Tracker³

نتیجه گیری

در این مقاله به بررسی سازو کار آفتاب پرست با کمک پتانسیلی که از مجموع دو جمله نمایی ساخته می شود پرداختیم و کران مناسب پارامترهای پتانسیل را برای آنکه نماینده یک پتانسیل آفتاب پرست باشد، بدست آوردیم. به علاوه نشان دادیم که در این کران مجاز با تنظیم ظریف پارامترها میتوان به مقدار لازم چگالی انرژی تاریک امروزی دست یافت.

مراجع

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



PROPOSAL
پروپوزال

پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین
روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی



ISI
Scopus



آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو