

УДК 523.16

К УСТОЙЧИВОСТИ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ РЕЛИКТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А.А. МЕЛКОНЯН

Ереванский физический институт

(Поступила в редакцию 20 ноября 1999 г.)

Изучены свойства угловой автокорреляционной функции Реликтового Излучения во Вселенной Фридмана отрицательной кривизны ($k = -1$). С помощью численных методов изучена зависимость спектрального индекса автокорреляционной функции от плотности Вселенной. Принят во внимание эффект перемешивания геодезических, возникающий только во Вселенной с отрицательной кривизной.

Введение

Обнаружение анизотропии реликтового излучения (РИ) в эксперименте COBE (Cosmic Background Explorer) ознаменовало собой начало эпохи более информативного исследования эволюции и настоящей структуры Вселенной. Так, важность изучения спектра мощности РИ обусловлена тем фактом, что есть все основания предполагать его непосредственную связь со спектром начальных возмущений, от чего и зависит сценарий формирования настоящего крупномасштабного распределения вещества во Вселенной [1,2].

Также была рассмотрена возможность использования данных эксперимента COBE для определения кривизны Вселенной [3]. Этот подход основан на изучении свойств движения пучка фотонов во Вселенной Фридмана-Робертсона-Уокера с отрицательной кривизной, путем сведения этой проблемы к изучению поведения корреляционной функции геодезического потока на 3-многообразиях с отрицательной постоянной кривизной. В частности, экспоненциальный распад корреляционной функции в контексте РИ может привести к реально наблюдаемым эффектам.

Если Вселенная обладает отрицательной кривизной, то вследствие эффекта перемешивания геодезических, настоящий спектр РИ должен отличаться от спектра эпохи последнего рассеивания [4,5] не только благодаря влиянию эффекта Сакса-Вольфа. Информацию о спектре можно получить с помощью исследования угловой автокорреляционной функции.

Целью настоящей работы является изучение угловой автокорреляционной функции РИ $C(\theta, \beta)$, описывающей усредненную температуру в угле θ (β – угол наблюдаемого пучка), и восстановление автокорреляционной функции РИ в эпоху последнего рассеивания, используя современные данные.

Автокорреляционная функция

Стандартный подход к изучению температурной анизотропии РИ не приемлем для Вселенной с отрицательной кривизной. В этом случае применяются методы теории динамических систем и исследуется зависимость свойств геодезического потока от геометрических и топологических свойств Вселенной ($k = -1$) [6].

Исследование проблемы экспоненциального распада коррелятора геодезического потока имеет достаточно интересные наблюдательные следствия, связанные со свойствами автокорреляционной функции $C(\theta, \beta)$. Аносов [7,8] и другие получили фундаментальные результаты, относящиеся к поведению геодезических потоков на 3-многообразиях с отрицательной кривизной. В частности, было доказано, что геодезический поток на замкнутом многообразии с постоянной отрицательной кривизной является системой Аносова, обладающей максимальными хаотическими свойствами (перемешивание всех степеней) и имеющей положительную энтропию Колмогорова-Синая. Заметим, что системы подобного типа структурно устойчивы, т.е. игнорируется влияние небольших возмущений и система остается системой Аносова. Это важное замечание, т.к. Вселенная Фридмана-Робертсона-Уокера не является абсолютно однородной и изотропной, но является возмущенной.

Корреляционная функция геодезического потока f^2 на пространстве отрицательной кривизны убывает по экспоненциальному закону [9].

В работе [6] была получена следующая формула:

$$|C_\lambda(\theta, \beta) - 1| \leq c |C_0(\theta, \beta) - 1| \frac{1}{(1+z)^2} \left[\frac{\sqrt{1+z\Omega} + \sqrt{1-\Omega}}{1+\sqrt{1-\Omega}} \right]^4, \quad (1)$$

где Ω – параметр плотности, z – красное смещение эпохи последнего рассеивания, c – постоянная.

Результаты

По любому направлению "измеренная" температура стремится к некоему постоянному усредненному значению. Этот эффект не зависит от выбора модели и возникает только в случае изотропной и однородной Вселенной с отрицательной кривизной. Это дает возможность получить некоторую информацию о знаке кривизны Вселенной.

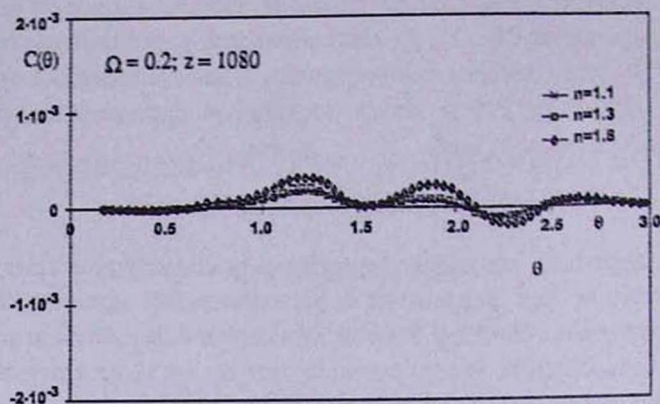


Рис. 1

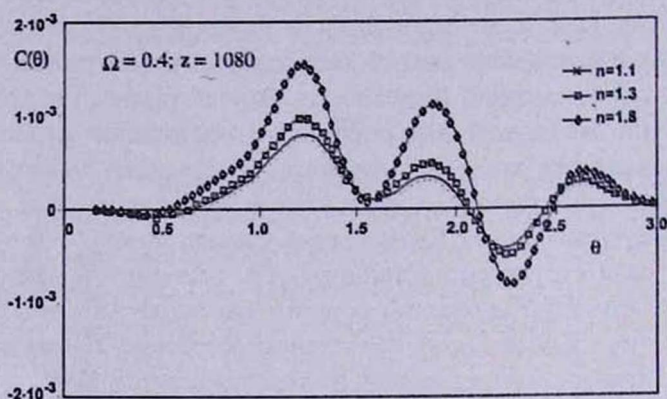


Рис. 2

Мы использовали (1) для восстановления автокорреляционной функции в эпоху последнего рассеивания. Вычисления были выполнены для нескольких значений спектрального индекса $n = 1.1, 1.3, 1.8$ и $z = 1080$. По данным эксперимента COBE величина спектрального индекса $n = 1.0 \pm 0.1$ [10-12].

Экспоненциальный распад временной автокорреляционной функции ведет к уменьшению анизотропии РИ после эпохи последнего рассеивания в зависимости от параметра плотности Ω . Впервые этот эффект был обнаружен в [6]. Результаты, приведенные на рис.1 и 2, полностью подтверждают этот эффект; зависимость от параметра плотности Ω очевидна.

Этот эффект возникает только во Вселенной с отрицательной кривизной и исчезает в случаях $k = 0$ и $k = +1$.

Автор выражает благодарность Д.Ланглуа (Парижская обсерватория) и В.Гурзadyану за многочисленные обсуждения и ценные замечания.

ЛИТЕРАТУРА

1. P.J.E.Peebles. Principles of Physical Cosmology. Princeton Univ. Press, 1993.
2. J.A.Peacock, S.J.Dodds. MNRAS, 267, 1020 (1994).
3. V.G.Gurzadyan, A.Kocharian. Paradigms of Large-Scale Universe. Gordon & Breach, 1994.
4. V.G.Gurzadyan, A.Kocharian, in Quantum Gravity IV, World Sci., 1997.
5. V.G.Gurzadyan, S.Torres. A&A, 321, 19 (1997).
6. V.G.Gurzadyan, A.Kocharian. Int. J. Mod. Phys. D., 97, 2 (1993).
7. Д.В.Аносов. ДАН СССР, 707, 145 (1962).
8. Д.В.Аносов. Труды Московского мат. инст. им. В.А.Стеклова. М., Наука, вып.90, 1962.
9. M.Policott. Journal Stat. Phys., 667, 67 (1992).
10. S.Hancock et al. MNRAS, 289, 505 (1997).
11. H.P.Nordberg, G.F.Smoot. Astro-ph/98051123.
12. G.Smoot et al. ApJ, L1, 369 (1992).

ՄԱՅՈՐԴԱՅԻՆ ՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ԱՎՏՈԿՈՐԵԼՅԱՑԻՈՆ ՖՈՒՆԿՑԻԱՅԻ ԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

Ա.Ա. ՄԵԼԿՈՆՅԱՆ

Հետազոտված են մնացորդային ճառագայթման անկյունային ավտոկորելյացիոն ֆունկցիայի հատկությունները բացասական կորություն ունեցող Ֆրիդմանյան Տիեզերքում: Ավտոկորելյացիոն ֆունկցիայի սպեկտրալ ինդեքսի կախվածությունը Տիեզերքի խտության պարամետրից հետազոտված է քվային եղանակով: Հաշվի է առնվել գեոդեզիականների խառնման էֆեկտը, որը ծագում է միայն բացասական կորություն ունեցող Տիեզերքում:

ON THE STABILITY OF THE CMB AUTOCORRELATION FUNCTION

A.A. MELKONYAN

The properties of the Cosmic Microwave Background radiation angular autocorrelation function in Friedmann Universe with negative curvature ($k=-1$) are studied. The dependence of the spectral index of autocorrelation function on the density parameter of the Universe is studied numerically, taking into account the effect of geodesic mixing occurring in $k=-1$ curvature Universe.