

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ И ТЕОРИЯ ПОЛЯ

УДК 530.12:531.51:519.711.3

DOI: 10.17223/00213411/63/1/24

Ю.Г. ИГНАТЬЕВ, А.Р. САМИГУЛЛИНА

ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ СКАЛЯРНЫХ ПОЛЕЙ С НУЛЕВОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ ЭНЕРГИЕЙ И ЕВКЛИДОВЫ ЦИКЛЫ В КОСМОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ*

Исследованы свободные колебания скалярных полей с Хиггсовым потенциалом в космологических моделях, основанных на скалярных полях, как в случае одиночных классических и фантомных полей, так и в случае асимметричного скалярного дублета. На основе численного моделирования найдены зависимости периода свободных колебаний с нулевой эффективной энергией от параметров полевой модели, а также построены энергетические спектры нулевых колебаний. Эти спектры обнаруживают тепловой характер, что позволяет интерпретировать их как спектр масс скалярных бозонов.

Ключевые слова: космологическая модель, асимметричный скалярный дублет, предельные Евклидовы циклы, свободные колебания, энергетический спектр.

Введение

В [1] была предложена и частично исследована космологическая модель, основанная на асимметричном скалярном дублете, то есть система, состоящая из двух скалярных полей, классического (Φ) и фантомного (φ) с потенциалом типа Хиггса. В [2–8] было проведено всестороннее качественное и численное моделирование космологической модели, основанной на классическом и фантомном скалярных полях. Результаты этих исследований позволили одному из авторов** выдвинуть предположение о существовании в таких моделях предельных Евклидовых циклов с эффективной нулевой энергией, к которым стремится система в будущем (классическое поле), либо в прошлом (фантомное поле). При этом Вселенная становится глобально Евклидовой, хотя скалярные поля отличны от нуля и осциллируют, находясь в устойчивом динамическом равновесии. В [9–11] был проведен анализ поведения космологических моделей вблизи Евклидовых циклов и представлены дополнительные аргументы в пользу их существования. Поскольку предельный Евклидов цикл представляет собой свободные колебания скалярных полей с нулевой эффективной энергией, соответствующей Евклидовой Вселенной, возникает проблема детального исследования этих колебаний, которая и будет изучена в рамках представленной статьи. Во избежание в дальнейшем недоразумений подчеркнем, что наличие скалярного дублета не является необходимым условием для возникновения Евклидовых циклов, такие циклы могут возникать и в моделях с одиночными полями [12, 13]. Здесь, как и в ряде предыдущих статей, мы будем проводить численное моделирование с помощью расширенного авторского пакета программ DifEqTools, специально предназначенного для исследования нелинейных динамических систем [14].

1. Основные соотношения космологической модели, основанной на асимметричном скалярном дублете

Динамические уравнения космологической модели, основанной на асимметричном скалярном дублете, в безразмерных переменных имеют вид (подробности см. в [2, 3])

$$\begin{aligned} \Phi' &= Z, \\ Z' &= -\sqrt{3}Z\sqrt{\rho'_m(\Phi, Z, \varphi, z)} - e\Phi + \alpha_m\Phi^3, \\ \varphi' &= z, \\ z' &= -\sqrt{3}z\sqrt{\rho'_m(\Phi, Z, \varphi, z)} + \varepsilon\mu^2\varphi - \beta_m\varphi^3, \end{aligned} \tag{1}$$

где штрихом обозначены производные по безразмерному времени $\tau = mt$, $Z = \Phi'$; $z = \varphi'$:

* The work is performed according to the Russian Government Program of Competitive Growth of Kazan Federal University.

** Ю.Г. Игнатьеву.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>