

УДК 530.12:531.51:519.711.3

Ю.Г. ИГНАТЬЕВ, И.А. КОХ

КАЧЕСТВЕННЫЙ И ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ КОСМОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ, ОСНОВАННОЙ НА АСИММЕТРИЧНОМ СКАЛЯРНОМ ДУБЛЕТЕ С МИНИМАЛЬНЫМИ СВЯЗЯМИ. III. ФАКТОР НЕОДНОСВЯЗНОСТИ И ХАРАКТЕР ОСОБЫХ ТОЧЕК*

На основе качественного и численного анализа космологической модели, основанной на асимметричном скалярном дублете нелинейных минимально взаимодействующих скалярных полей, классического и фантомного, выявлены особенности поведения модели вблизи гиперповерхностей нулевой энергии. Обсуждается влияние фактора многосвязности фазового пространства динамической системы, являющейся следствием неаналитичности коэффициентов автономной системы дифференциальных уравнений. Выявлен характер всех особых точек.

Ключевые слова: космологическая модель, фантомное скалярное поле, классическое скалярное поле, асимметричный скалярный дублет, качественный анализ, численное моделирование, предельные евклидовы циклы.

Введение

В предыдущих работах авторов был проведен качественный анализ космологической модели, основанной на асимметричном скалярном дублете [1], а также выполнены аналитическое и численное исследования ее поведения вблизи гиперповерхностей нулевой эффективной энергии [2], обнаружившие тенденцию прилипания фазовых траекторий к этой гиперповерхности при наличии внутри нее притягивающих фокусов. В частности, было показано, что при подходящих параметрах модели движение по поверхности нулевой эффективной энергии является точным предельным решением динамических уравнений модели. Исследуемая здесь динамическая система описывается нормальной автономной системой обыкновенных дифференциальных уравнений [1]:

$$\begin{aligned}\Phi' &= Z, \\ Z' &= -\sqrt{3}Z \sqrt{\left(Z^2 + e\Phi^2 - \frac{\alpha_m}{2}\Phi^4\right) - \left(z^2 - \varepsilon\mu^2\varphi^2 + \frac{\beta_m}{2}\varphi^4\right) + \lambda_m - e\Phi + \alpha_m\Phi^3}, \\ \varphi' &= z, \\ z' &= -\sqrt{3}z \sqrt{\left(Z^2 + e\Phi^2 - \frac{\alpha_m}{2}\Phi^4\right) - \left(z^2 - \varepsilon\mu^2\varphi^2 + \frac{\beta_m}{2}\varphi^4\right) + \lambda_m + \varepsilon\mu^2\varphi - \beta_m\varphi^3},\end{aligned}\tag{1}$$

где

$$\alpha_m = \frac{\alpha}{m^2}, \quad \beta_m = \frac{\beta}{m^2}, \quad \lambda_m = \frac{\lambda}{m^2}, \quad \Lambda_m = \lambda_m - \frac{1}{2\alpha_m} - \frac{\mu^2}{2\beta_m}, \quad \mu \equiv \frac{m}{m}$$

– нормированные безразмерные параметры модели, которые мы будем задавать в виде списка $\mathbf{P}$:

$$\mathbf{P} \equiv [\alpha_m, \beta_m, e, \varepsilon, \mu, \lambda_m]; \quad \mathbf{I} \equiv [\Phi(0), Z(0), \varphi(0), z(0)],$$

а $\mathbf{I}$ – список начальных условий**.

В данной работе мы проведем детальное исследование космологической эволюции асимметричного*** скалярного дублета в зависимости от параметров модели.

К системе (1) следует добавить уравнение Эйнштейна, определяющее безразмерную постоянную Хаббла H_m :

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

** Поскольку система (1) инвариантна по отношению к переносам безразмерного времени τ , выбор начального момента времени $\tau_0 = 0$ не имеет никакого значения.

*** То есть состоящего из пары скалярных полей различной природы: классической и фантомной.

Уважаемые читатели!

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

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