

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛНОЙ МОДЕЛИ КОСМОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ КЛАССИЧЕСКОГО СКАЛЯРНОГО ПОЛЯ С ХИГГСОВЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ. III. ОСОБЕННОСТИ ПОТОКОВ ФАЗОВЫХ ТРАЕКТОРИЙ*

Ю.Г. Игнатъев, А.Р. Самигуллина

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

С помощью численного моделирования исследованы потоки фазовых траекторий космологических моделей, основанных на вакуумном классическом поле Хиггса, и их поведение на поверхности Эйнштейна – Хиггса вблизи особых точек динамической системы. Показано влияние особых точек на процесс расщепления фазовых потоков и продемонстрирована эффективность инструмента гиперповерхности Эйнштейна – Хиггса.

Ключевые слова: космологические модели, поля Хиггса, гиперповерхности Эйнштейна – Хиггса, глобальное поведение.

1. Динамическая система космологической модели

В работе [1] была сформулирована и частично исследована полная космологическая модель, основанная на классическом скалярном поле Хиггса. В ней, в частности, было введено понятие гиперповерхности Эйнштейна – Хиггса, являющееся важным инструментом для понимания поведения космологических моделей. В работе [2] эта модель была расширена на асимметричный скалярный Хиггсов дублет, содержащий классическое и фантомное скалярные поля, и исследована методами качественного и численного анализа. В предыдущих статьях авторов на основе модели космологической эволюции классического скалярного Хиггсова поля был проведен детальный качественный и численный анализ поведения соответствующих космологических моделей. В данной работе мы исследуем потоки фазовых траекторий рассмотренной динамической модели, поскольку отдельные фазовые траектории, возможно, описывают случайные особенности поведения космологической модели. Для выяснения общих закономерностей поведения системы, в частности, вблизи особых точек, необходимо исследовать фазовые потоки, в которых каждая траектория порождена достаточно близкими начальными условиями. Напомним, что космологическая модель, основанная на классическом вакуумном скалярном поле Хиггса, описывается автономной трехмерной динамической системой в фазовом пространстве $R_3 = \{\Phi, Z, h\}$ (скалярный потенциал, его производная и нормированный параметр Хаббла):

$$\Phi' = Z; \quad (1)$$

$$Z' = -3hZ - e\Phi + \alpha_m \Phi^3; \quad (2)$$

$$h' = -3h^2 + \frac{e\Phi^2}{2} - \frac{\alpha_m \Phi^4}{4} + \lambda_m, \quad (3)$$

где производные берутся по времени в комптоновских единицах $\tau = mt$; $\lambda_m = \lambda_0 - m^4/4\alpha_m$, α_m – перенормированная космологическая постоянная и константа самодействия; $e = \pm 1$ – индикатор. Кроме того, необходимо учитывать уравнение гиперповерхности Эйнштейна – Хиггса, являющееся, по сути, уравнением Эйнштейна $\frac{4}{4}$, а с другой стороны – первым частным интегралом динамической системы (1) – (3):

$$3h^2 - \mathcal{E}_m(\Phi, Z) = 0, \quad (4)$$

$$\text{где} \quad \mathcal{E}_m(\Phi, Z) = \frac{Z^2}{2} + \frac{e\Phi^2}{2} - \frac{\alpha_m \Phi^4}{4} + \lambda_m \geq 0 \quad (5)$$

* This paper has been supported by the Kazan Federal University Strategic Academic Leadership Program.

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>