

Механизм образования доменных стенок и струн в ранней Вселенной

Выполнил: Мурыгин Б.С.

Научный руководитель: Кириллов А.А

2020

Введение

- ▶ Модели инфляции с несколькими полями могут включать потенциалы сложного вида .
- ▶ Такие потенциалы могут иметь несколько локальных минимумов и максимумов.
- ▶ При подобных условиях возможно формирование топологических дефектов — солитонов.

Численное моделирование

Плотность Лагранжиана:

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2}g_{\mu\nu}(\partial_\mu\varphi\partial_\nu\varphi + \partial_\mu\chi\partial_\nu\chi) - \mathcal{V}(\varphi, \chi)$$

$$\mathcal{V} = d(\varphi^2 + \chi^2) + a \exp[-b(\varphi - \varphi_0)^2 - c(\chi - \chi_0)^2]$$

Параметры: $a, d, b, c, \varphi_0 = -5, \chi_0 = 0$.

При таких параметрах потенциал имеет локальный максимум в точке $\varphi = -5, \chi = 0$.

Численное моделирование

Начальные условия:

$$\begin{cases} \varphi(x, y, 0) = \mathcal{R} \cos \Theta + l_1, \\ \chi(x, y, 0) = \mathcal{R} \sin \Theta + l_2, \\ \varphi_t(x, y, 0) = 0, \\ \chi_t(x, y, 0) = 0, \end{cases}$$

$$\begin{cases} \mathcal{R}(r) = \frac{\mathcal{R}_0}{\cosh \frac{r_0}{r}}, \\ \Theta = \theta. \end{cases}$$

$\mathcal{R}_0, l_1, l_2, r_0$ — параметры.

Уравнения, полученные из Лагранжиана

$$\begin{cases} \varphi_{tt} - 3H\varphi_t - \varphi_{xx} - \varphi_{yy} = -\frac{\partial \mathcal{V}}{\partial \varphi}, \\ \chi_{tt} - 3H\chi_t - \chi_{xx} - \chi_{yy} = -\frac{\partial \mathcal{V}}{\partial \chi}. \end{cases}$$

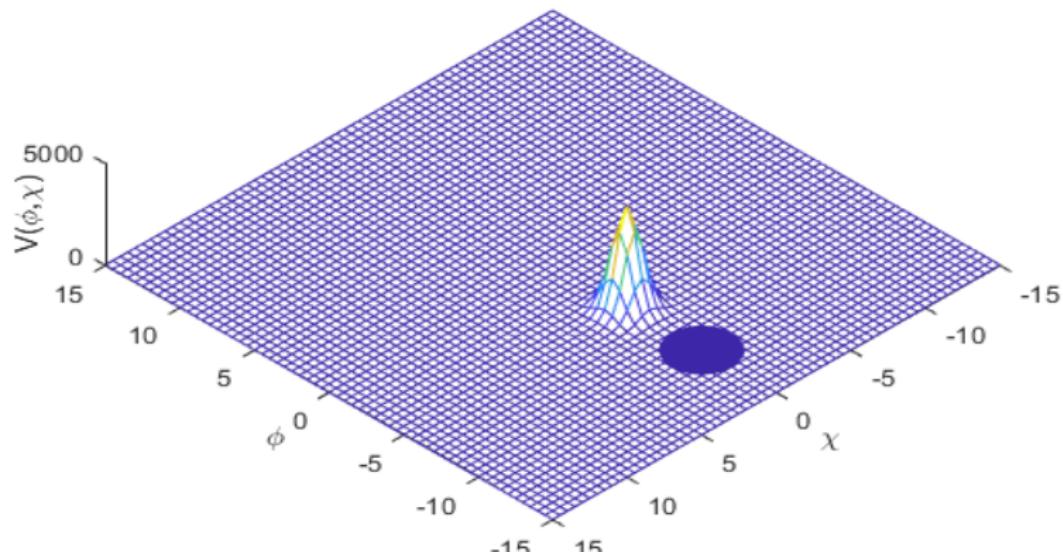
Граничные условия

$$-\infty \leq x \leq \infty, -\infty \leq y \leq \infty$$

$$\begin{cases} \varphi_x(\pm\infty, y, t) = 0, & \chi_x(\pm\infty, y, t) = 0, \\ \varphi_y(x, \pm\infty, t) = 0. & \chi_y(x, \pm\infty, t) = 0. \end{cases}$$

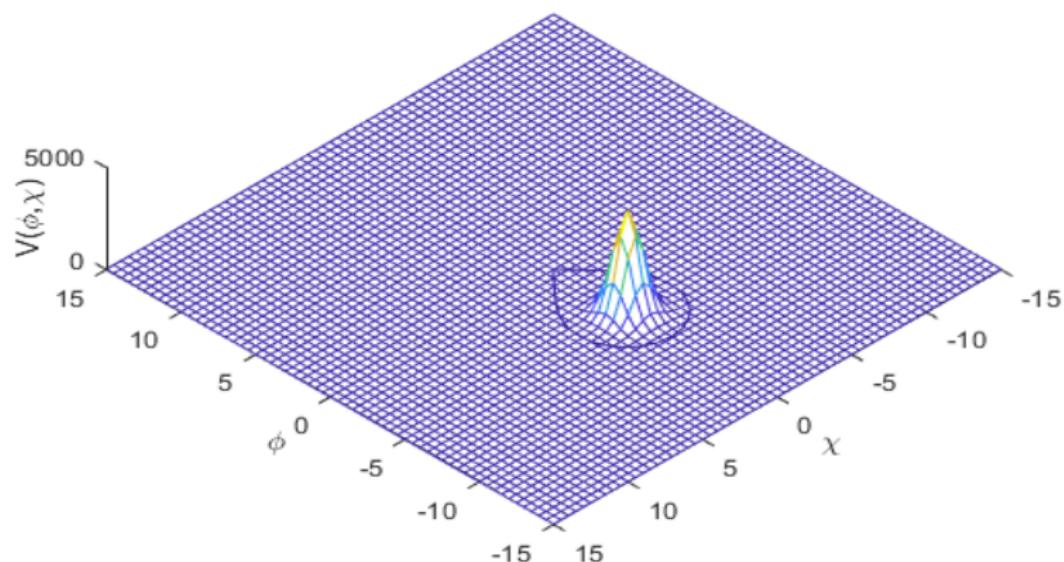
Результаты

Начальное условие с параметрами: $\mathcal{R}_0 = 2$, $d = 0.05$, $a = 5000$,
 $l_1 = -10$, $l_2 = 0$, $b = 1$, $c = 1$, $\varphi_0 = -5$, $\chi_0 = 0$, $r_0 = 1$



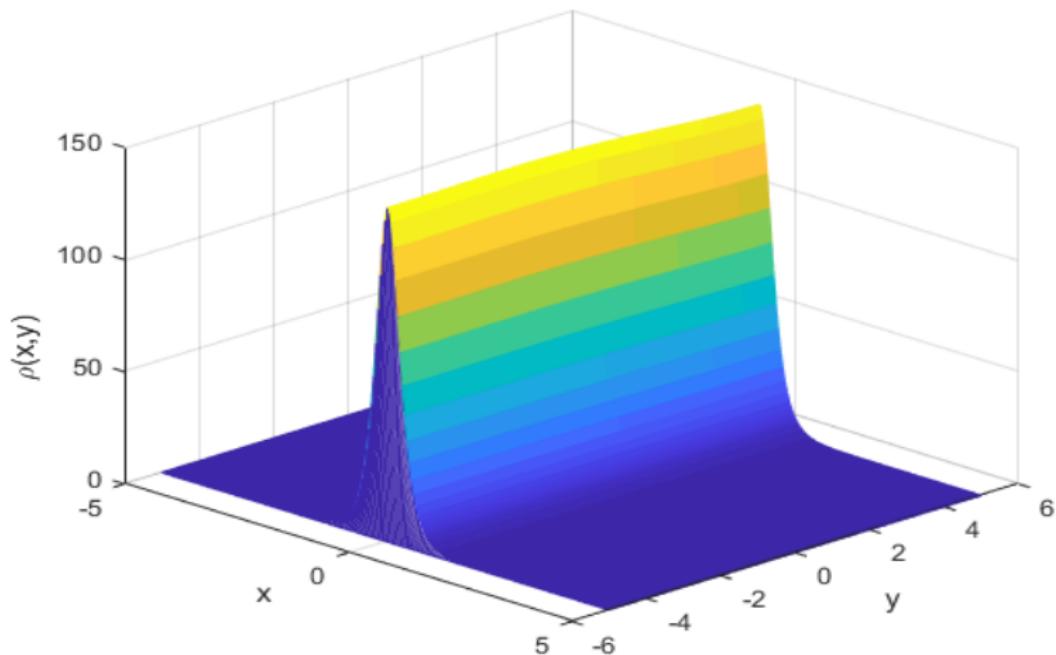
Результаты

Конечное состояние



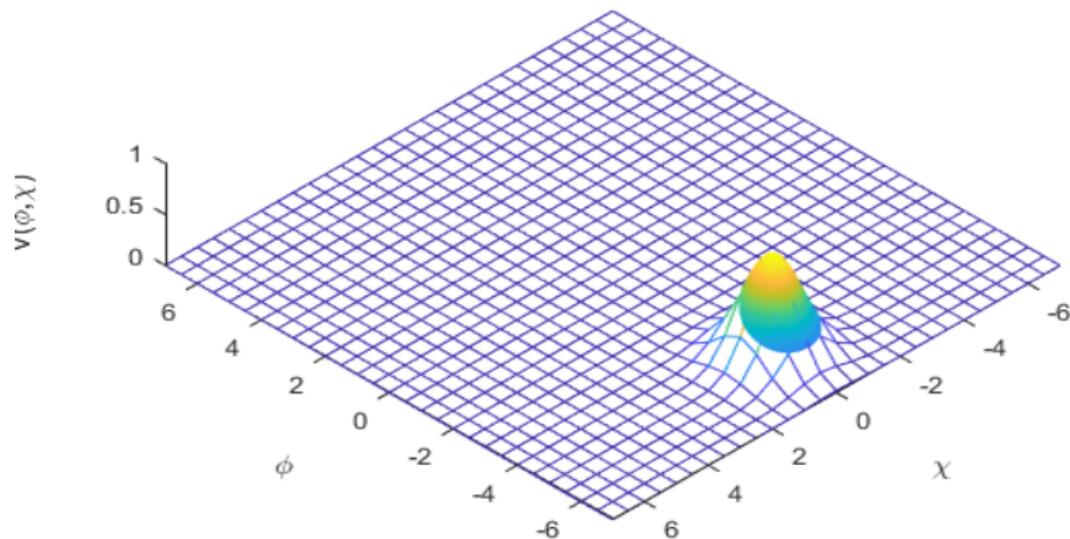
Плотность энергии

Конечное состояние



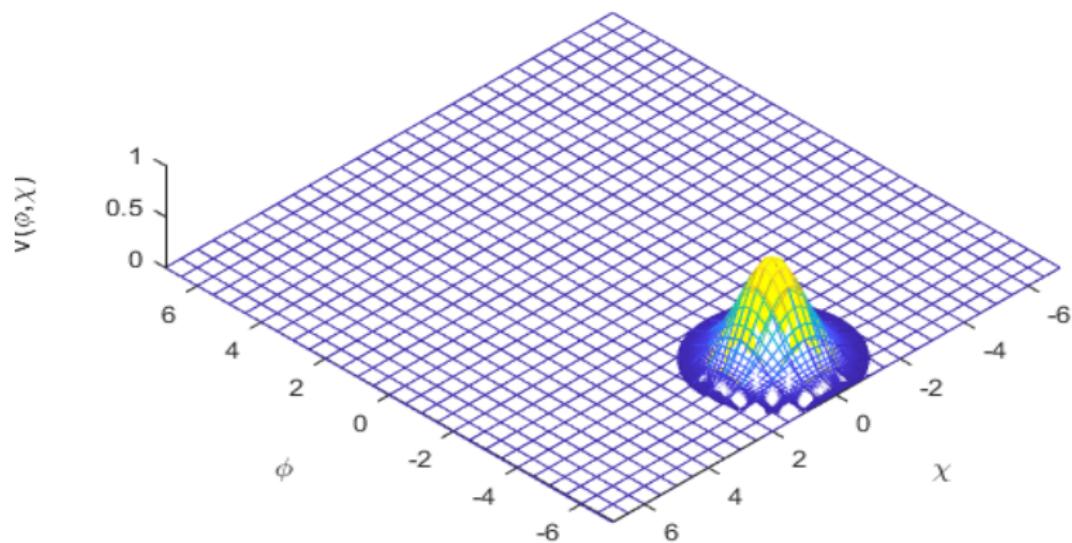
Результаты

Начальное условие с параметрами: $\mathcal{R}_0 = 0.1$, $d = 5 \cdot 10^{-7}$,
 $a = 1$, $l_1 = -5.05$, $l_2 = 0$, $b = 1$, $c = 1$, $\varphi_0 = -5$, $\chi_0 = 0$, $r_0 = 1$



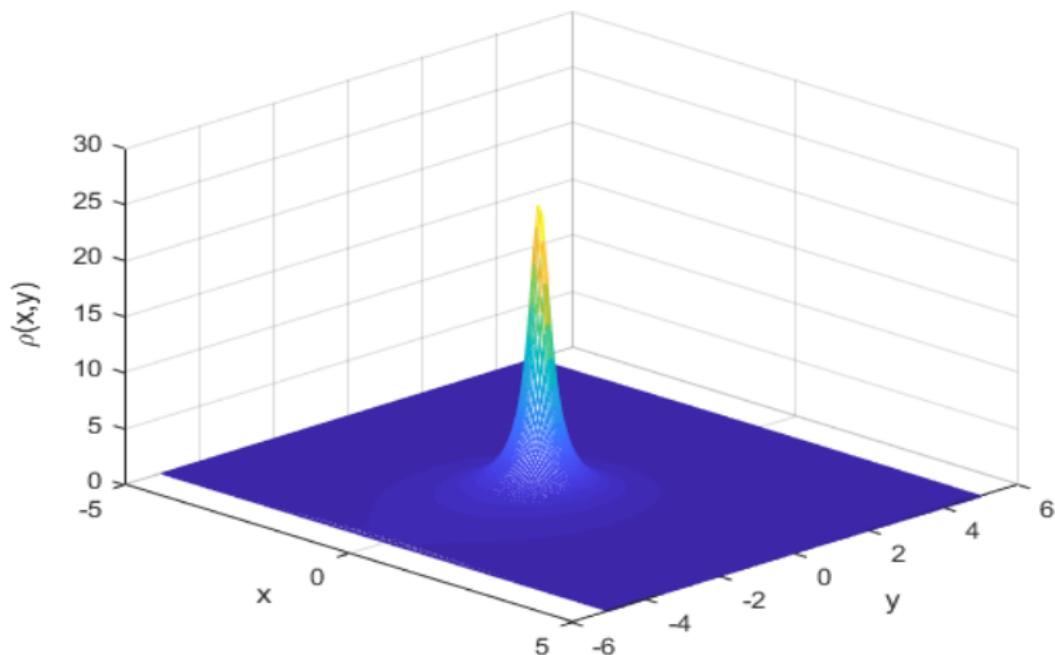
Результаты

Конечное состояние



Плотность энергии

Конечное состояние



Численное моделирование

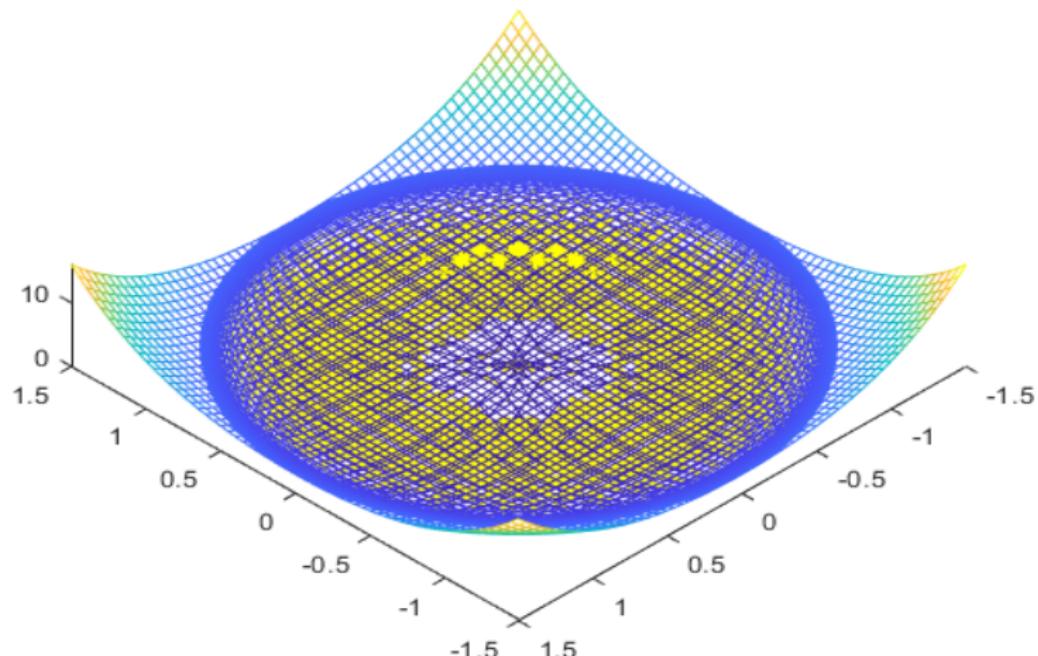
Потенциал:

$$\mathcal{V} = \lambda \left(\varphi^2 + \chi^2 - \frac{g^2}{2} \right)^2 + \Lambda \left(1 - \frac{\varphi}{\sqrt{\varphi^2 + \chi^2}} \right),$$

Параметры: $g = 1$, $\lambda = 1$, $\Lambda = 5 \cdot 10^{-13}$.

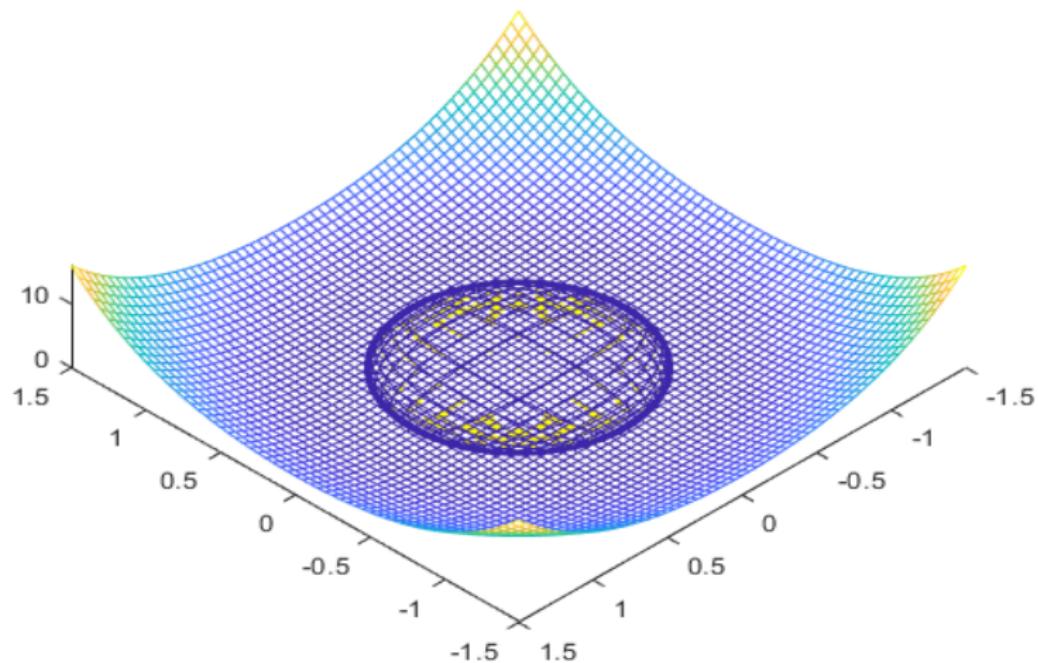
Результаты

Начальное условие с параметрами: $\mathcal{R}_0 = 2$, $l_1 = -10$, $l_2 = 0$,
 $r_0 = 1$



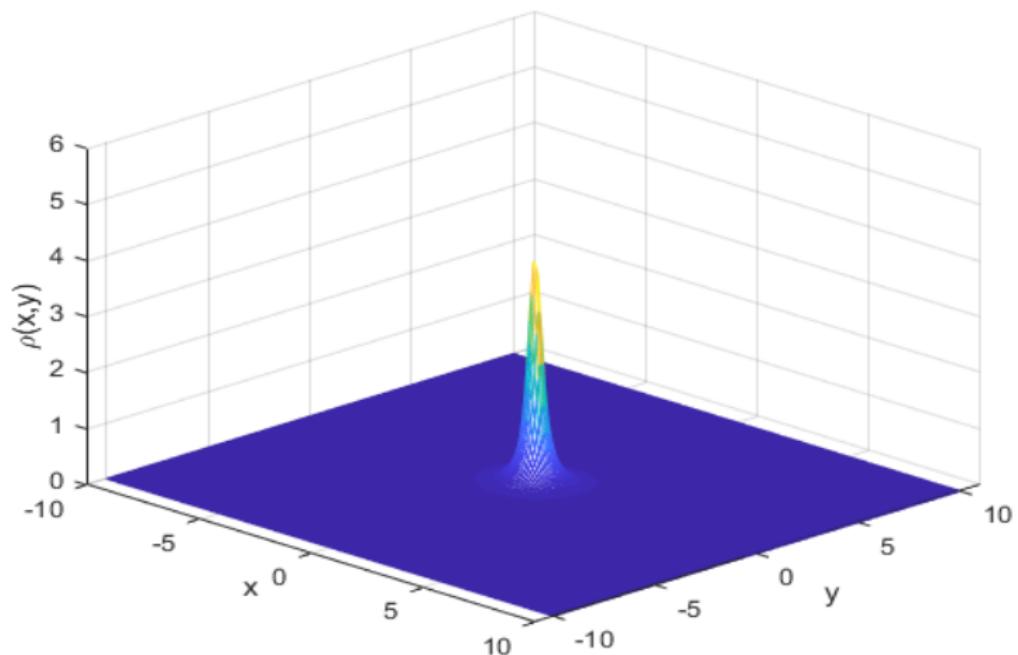
Результаты

Конечное состояние



Плотность энергии

Конечное состояние



Заключение

- ▶ Были получены конфигурации полей соответствующие доменной стенке и струне
- ▶ Было показано что в ходе эволюции системы возможны различные варианты возникающих солитонов, в зависимости от начальных условий и параметров потенциала