Проблема сильной связи в модели галилеонного генезиса

Выполнил студент группы 234м: Агеева Юлия
Научный руководитель: доктор ф.м.н., академик РАН, профессор Рубаков Валерий Анатольевич

Защита магистерской диссертации

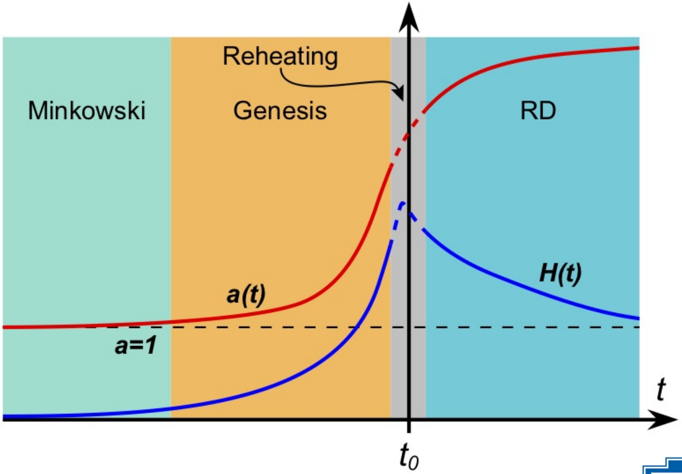
МГУ им. М.В.Ломоносова, 24 мая 2019

- На сегодняшний день инфляция является основным сценарием эволюции ранней Вселенной. Starobinsky'80, Guth'81, Steinhardt'82, Linde'83

Тем не менее, альтернативные ранние эпохи жизни Вселенной также заслуживают рассмотрения:

- Все другие сценарии помимо инфляции нужно исключить;
- Требуется решение проблемы начальной сингулярности. Vilenkin'92, Vilenkin, Borde'93

P. Creminelli, A. Nicolis, E. Trincherini'2010



- Важной характеристикой является изотропное условие энергодоминантности (Null Energy Condition) для ТЭИ $T_{\mu\nu}$:

$$T_{\mu\nu}k^{\mu}k^{\nu} > 0 \to \dot{H} < 0 \text{ и } \frac{d\rho}{dt} < 0.$$

- Модифицируем гравитацию $\to$ нарушаем NEC.

$$S = \int d^4x\sqrt{-g}\mathcal{L}_H,$$

$$\mathcal{L}_H = G_2(\phi, X) - G_3(\phi, X)\Box\phi + G_4(\phi)R, \text{ где } X = -\frac{1}{2}g^{\mu\nu}\partial_{\mu}\phi\partial_{\nu}\phi.$$

Невозмущенная метрика имеет следующий вид:

$$ds^2 = -N(t)^2 dt^2 + a(t)^2 dx_i dx^i.$$

И фоновые решения для Генезиса (при $t \to -\infty$):

$$H \approx \frac{\chi}{(-t)^{1+\delta}}\ , \qquad a \approx 1 + \frac{\chi}{\delta(-t)^{\delta}}, \qquad N \approx 1\ .$$

Возмущенная метрика:

$$ds^2 = -N^2 dt^2 + \gamma_{ij}\left(dx^i + N^i dt\right)\left(dx^j + N^j dt\right),\ \text{где}\ \gamma_{ij} = a^2 e^{2\zeta} e^{h_{ij}}$$

- Существует опасность, что в какой-то момент времени условия стабильности будут нарушены. Kobayashi'2016

$$S_\zeta^{(2)} = \int N dt d^3x\, a^3 \left[A_S \frac{\dot{\zeta}^2}{N^2} - \frac{B_S}{a^2}(\partial\zeta)^2 \right],$$

$$S_h^{(2)} = \frac{1}{8}\int N dt d^3x\, a^3 \left[A_T \frac{\dot{h}_{ij}^2}{N^2} - \frac{B_T}{a^2}(\partial h_{ij})^2 \right],$$

$$A_S, B_S, A_T, B_T > 0 \text{ и } \xi(t) - \xi(-\infty) > \int_{-\infty}^{t} a(t) B_T dt.$$

- Выход $\to$ подбор правильных асимптотик коэффициентов в квадратичном действии:

$$B_T = 2G_4 \to 0 \text{ при } t \to -\infty.$$

$$\mathcal{L}_H \ni G_4 R,$$

то есть мы сталкиваемся с режимом сильной связи!

$$S_\zeta^{(3)} = \int N dt\; a d^3x \left\{ \Lambda_1 \left(\frac{a}{N} \dot{\zeta} \right)^3 + \ldots\ldots + \Lambda_{18} \zeta \partial_i \partial_j \zeta \partial^i \partial^j \psi \right\},$$

где $\psi = \partial^{-2}(a\dot{\zeta}/N)$ и при $t \to -\infty$:

$$\Lambda_i \sim (-t)^{x_i},\;\; i = \overline{1, 18}.$$

Схематично наш кубичный лагранжиан имеет вид:

$$\mathbb{L}_i = \Lambda_i \cdot \zeta^3 \cdot (\partial_t)^{a_i} \cdot (\partial)^{b_i} \ .$$

Вводим каноническую переменную π:

$$\pi = \sqrt{\epsilon_s}\zeta \propto |t|^{-\alpha+\delta/2}\zeta \ .$$

В каноническом виде получим:

$$\mathbb{L}_i = \tilde{\Lambda}_i \cdot \pi^3 \cdot (\partial_t)^{a_i} \cdot (\partial)^{b_i},$$

где

$$\tilde{\Lambda}_i = \Lambda_i \epsilon_s^{-3/2} = \Lambda_i |t|^{-\frac{3}{2}(\delta-2\alpha)} \sim |t|^{x_i-\frac{3}{2}(\delta-2\alpha)} \ .$$

Ограничения на лагранжиан

Масштаб сильной связи, связанный с i-м членом кубичного действия, определяем следующим образом:

$$E^{(i)}_{strong} \sim \tilde{\Lambda}_i^{-\frac{1}{a_i+b_i-1}} \sim |t|^{-\frac{x_i+3\alpha-3\delta/2}{a_i+b_i-1}} \, .$$

И масштаб энергии классической эволюции:

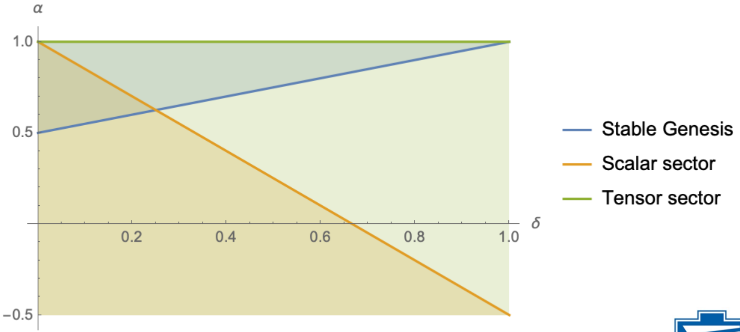
$$E_{class} \sim \frac{\dot{H}}{H} \sim |t|^{-1} \, .$$

Требуя $E_{class} \ll E^{(i)}_{strong}$, получим условие из которого вытекают ограничения на параметры лагранжиана:

$$x_i + 3\alpha - \frac{3}{2}\delta < a_i + b_i - 1 \, , \qquad i = \overline{1,18} \, .$$

Итоговое самое сильное из всех условие на параметры лагранжиана:

$$0 < \delta < \frac{1}{4}, \qquad 2 - 3\delta > 2\alpha > 1 + \delta.$$



- Более детальный анализ действия возмущений (а именно 2 и 3 порядок действия для скалярных и тензорных мод) показал: можно так подобрать параметры начального лагранжиана, что сильной связи в модели не появляется;
- Таким образом в рамках теории Хорндески (а вернее - ее подкласса) построить Генезис без патологий представляется возможным.
- Проверка смешанного сектора возмущений, получение дополнительных ограничений на параметры лагранжиана.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!