

ИНСТАЛЛЯЦИЯ КОСМОЛОГИЧЕСКОЙ ПОСТОЯННОЙ

В.В. КИСЕЛЕВ

ИФВЭ

Наблюдаемая космологическая постоянная связана с инфляцией

$\rho_\Lambda \sim (10^{-3} eV)^4 \sim 1 eV/m^3 \equiv$ проблема! (что за масштаб сил?)

Физика частиц (Зельдович) $\rho_\Lambda^{th} \sim \Lambda^4, \quad \Lambda \sim 10^{15-19} GeV, \Lambda_{GUT}, m_{Pl}$

Инфляция

видимая однородность плотности энергии, нулевая кривизна и т.п.

Масштаб энергий $\rho_{inf} \sim (10^{16} GeV)^4$!

Масштабный фактор расширения $a(t) = e^N$ экспоненциально по $N \nearrow \uparrow$

Частицы $\rho \sim \frac{1}{a^4}, \frac{1}{a^3}$ экспоненциально по $N \searrow \downarrow$

Скалярное поле, инфлатон: система с трением

$$\ddot{\phi} + 3H\dot{\phi} + \frac{\partial V}{\partial \phi} = 0$$

$$\dot{\phi} \approx -\frac{1}{3H} \frac{\partial V}{\partial \phi}, \quad \ddot{\phi} \ll 3H\dot{\phi}$$

\uparrow ускорение \uparrow трение \uparrow сила

$$H \approx \text{const.} \quad \dot{\phi}^2 \ll V$$

Неоднородные флуктуации поля – первичный спектр неоднородности

Однородные флуктуации? $\delta\dot{\phi} \gg \dot{\phi}$? пример: $V = m\phi^2/2$

Квантовые уравнения

Скейлинговые переменные фазовой плоскости: $x \sim \frac{\phi\sqrt{G}}{H}$, $y \sim \frac{m\sqrt{G}\phi}{H}$

Инфляционный режим: $\frac{dx}{dN} = 0$, $\frac{dy}{dN} = 0$, параметрический аттрактор !!!

Эволюция параметра Хаббла $\dot{H} = -4\pi G\langle\dot{\phi}^2\rangle$ дрейф !!!

Существование аттрактора: $\begin{cases} H \geq \frac{2}{3} m, \\ H \leq \frac{\sqrt{\nu}}{3} m, \end{cases}$ конец инфляции
 $\delta x^2 = \langle x \rangle^2$, $\delta\dot{\phi}^2 = \langle \dot{\phi} \rangle^2$

ν – число квантов однородного поля



Начальное состояние:

- 1) флуктуации $\delta\dot{\phi}$ и $\delta\phi$ не коррелируют,
- 2) флуктуации кинетической и потенциальной энергии сравнимы

когерентное состояние инфлатона



Эволюция флуктуаций: $\delta\phi$ – дрейф, $\delta\dot{\phi}$ – экспоненциально по N ↙

Момент $\delta\phi \dot{m} = \delta\dot{\phi}$ экспоненциально близок к началу инфляции
 Осцилляторное когерентное состояние инфлатона

$$\rho_{\Lambda}^{bare} = \frac{1}{48\pi} m_{Pl}^2 m^2 \approx (4 \cdot 10^{15} GeV)^4 \quad \text{при } \delta x^2 = \delta y^2 = \frac{1}{4v}$$



Если начало инфляции идет с плато потенциала вида

$$V = \frac{\lambda(\phi^2 - v^2)^2}{4}, \text{ то } v = 3\pi \frac{v^2}{m_{Pl}^2}$$

Космологическая постоянная

$$\rho_{\Lambda} = |\langle vac | coherent state \rangle|^2 \cdot \rho_{\Lambda}^{bare} = e^{-v} \cdot \rho_{\Lambda}^{bare}$$

$$\rho_{\Lambda} = \frac{3}{8\pi} H_0^2 m_{Pl}^2 \Omega_{\Lambda}, \quad \text{где } H_0 \approx \frac{67 \frac{km}{s}}{Mpc}, \quad \Omega_{\Lambda} \approx 0.68 \quad \Rightarrow \quad v \approx 250$$

$$v \approx 5.2 m_{Pl}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Видимое значение космологической постоянной установилось в ходе инфляции
2. Затравочное значение плотности энергии вакуума естественно для физики частиц