

Оценка времени инфляции

Князев М.А.

Белорусский национальный технический университет

В работе рассмотрена инфляционная модель ранней Вселенной, содержащая только одно минимально связанное скалярное поле ϕ . Приняты следующие допущения: переход из ложного вакуума в действительный происходит в приближении медленного скатывания, плотность возмущений исследуется в наименьшем порядке приближения, скалярное поле изменяется монотонно со временем так, что производная по времени от этого поля больше нуля, спектральный индекс n_s не изменяется.

В стандартной Вселенной Фридмана-Робертсона-Уолкера уравнение Фридмана в форме Гамильтона-Якоби имеет вид

$$3H^2 - 2H'^2 = V(\phi), \quad \dot{\phi} = -2H',$$

где $H = H(\phi) = \dot{a}/a$ – параметр Хаббла, $a = a(t)$ – масштабный фактор, $V(\phi)$ – инфляционный потенциал; точка обозначает дифференцирование по времени, а штрих – по инфляционному полю. Для определения плотности энергии во Вселенной будем использовать соотношение $\rho(\phi) = 3H^2$. Выбирая инфляционный потенциал в следующем виде

$$V(\phi) = \frac{m_p^2}{8\pi} H^2 (3 - \epsilon),$$

где ϵ – параметр скатывания, а m_p – масса Планка, для поля ϕ можно получить соотношение

$$\phi(t) = \frac{2C_0 m_p}{\lambda \sqrt{8\pi}} \operatorname{Arcsinh}(\exp(H_0 \lambda^3 t)).$$

Здесь C_0 и H_0 – постоянные интегрирования, $\lambda^2 = 1 - n_s$.

Используя последнее соотношение и условие окончания инфляции $\epsilon = 1$, можно оценить время инфляции:

$$t = \frac{1}{H_0 \lambda^3} \ln \left(\sinh \left(\frac{\operatorname{arctanh} \left(\frac{\sqrt{2}}{\lambda} \right)}{C_0} \right) \right).$$

Из полученных результатов следует, что в низшем приближении по параметрам медленного скатывания время, в течение которого проходит фаза инфляции, определяется главным образом отклонением λ величины спектрального индекса от масштабно-инвариантного значения. Однако, безусловно, важны и начальные данные, описывающие поле инфляции до начала расширения Вселенной.