УДК 524.832

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ВСЕЛЕННОЙ С РАЗЛИЧНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ СОСТОЯНИЯ МАТЕРИИ

**Баркова Зинаида Ивановна**
astana-mail@mail.ru
Магистрант Физико-технического факультета ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан.
Научный руководитель – П. Ю. Цыба

В космологии при исследовании эволюции Вселенной было выяснено, что Вселенная расширяется с ускорением. Для объяснения ускорения Вселенной были предложены множество видов моделей, в данной статье будет рассматриваться модель К-эссенции. Также модель темной энергии тахиона и модель скалярного поля рассматриваются в статье как возможные варианты решения модели К-эссенции.

Решение данной модели в этой статье рассматривается как модель, в которой будут исследоваться этапы расширения Вселенной, её космологическая составляющая с использованием масштабного фактора или параметра Хаббла. Будут рассмотрены две модели ускоренного расширения Вселенной, в первой модели содержится только скалярное поле, то есть кинетический компонент, во втором случае будет рассмотрен потенциальный компонент, а также фермионное и тахионное поля.

Модель не может быть построена, хотя существует модель, близкая к модели ускоренного расширения Вселенной, но эта модель является нестабильной, так как масштабный фактор не зависит от времени, это все приводит к бесконечным вариантам решения данной системы, подбирая масштабный фактор, будем рассматривать уравнение решения ускорения Вселенной.

Рассмотрим действие для К-эссенции в виде:

$$S=\int d^4x\sqrt{-q(\frac{R}{2K^2}}-K(q(\varphi)\partial^{\mu}\varphi\partial_{\mu}\varphi, \qquad (1)$$

$$dS^2=-dt^2+a(t)^2\sum_{t=1,2,3}(dt^i)^2,$$

где $K$ и $q$ – соотвествующие функции

$$S=\int d^4xa^3(\frac{3}{K^2}(\frac{\ddot{a}}{a}+\frac{\dot{a}^2}{a^2})-K(q(\varphi)\dot{\varphi}^2)),$$

$$\backslash\,//\frac{3}{K^2}(\dot{a}a^2)_t=\frac{3}{K^2}\ddot{a}a^2+\frac{3}{K^2}\dot{a}^2a\,//=-3\frac{\dot{a}^2a}{K^2}-a^3K(-q(t)), \tag{2}$$

Воспользуясь формулой понижения степени, получим, что Лангранжиан определяется следующим уравнением:

$$L=-3\frac{\dot{a}^2a}{K^2}-a^3K(-q(t)),$$

Далее для вычислений используем уравнение Эйлера-Ланграджа по $a$, определяющее уравнение движения данной системы.

$$L_a-(L_{\dot{a}})_t=0,$$

$$-\frac{3}{K^2}H^2+\frac{2}{K^2}\dot{H}=K(-q(t)), \tag{3}$$

Получим также уравнение Эйлера-Лангранджа по $\varphi$:

$$L_\varphi-(L_{\dot{\varphi}})_t=0,$$

$$2K''(-q(t)(-q'(t)(-q(t))-(6Hq(t)+q'(t))K'(-q(t))=0, \tag{4}$$

При решении также используем уравнение нулевой энергии для $K$-эссенции:

$$L_{\dot{a}}\dot{a}+L_{\dot{\varphi}}\dot{\varphi}-L=0,$$

$$-6\frac{\dot{a}^2a}{K^2}-2a^3K'(-q(t))(-q'(t))+3\frac{\dot{a}a}{K^2}+a^3K(-q(t)=0/a^3, \tag{5}$$

можно предположить, что скалярное поле $\varphi$ зависит только от временной координаты $t$. Поскольку переопределение $\varphi$ может быть поглощено в переопределении $q(\varphi)$ мы далее идентифицируем скалярное поле $\varphi$ с временной координатой $t$. Тогда мы получим следующее уравнение Фридмана для метрики FRW

$$\frac{3}{K^2}H^2=K(-q(t))+2K'(-q(t))q(t), \tag{6}$$

$$6H=\frac{2K''(-q(t)q'(t))}{K'(-q(t))}-\frac{q'(t)}{q(t)}, \tag{7}$$

Интегрируем уравнение (7)

$$\int 6\frac{\dot{a}}{a}=\int\frac{2K''(-q(t)q'(t))}{K'(-q(t))}-\frac{q'(t)}{q(t)},$$

$$6\ln a=\ln(q(t))+\ln K'^{-2}(-q(t))K_0^2.$$

Получим, что

$$a^6 = q(t)^{-1} \frac{K_0^2}{K'^2(-q(t))},$$

где $H$ – параметр Хаблла, определяемый по формуле $H = \frac{\dot{a}}{a}$

$$a^6(t) = q(t)^{-1} \frac{K_0^2}{K'^2 q(t)},$$

Интегрируем уравнение (6), получим

$$6\frac{\dot{H}H}{K^2} = K'(-q(t))(q'(t)) + 2K''(-q(t))(-q'(t))q(t),$$

$$K'(-q(t) = \frac{K_0}{a^3\sqrt{q(t)}},$$

$$2K'(-q(t))(-q'(t)q(t) = -(6Hq(t) + q'(t))K'(-q(t)),$$

$$\frac{6\dot{H}}{K^2} = -6K_0\sqrt{q(t)}a^{-3}, \tag{8}$$

$$\sqrt{q(t)} = \frac{6\dot{H}}{K^2}\left(-\frac{1}{6K_0 a^{-3}}\right) = -\frac{\dot{H}}{K^2 K_0 a^{-3}},$$

Получим

$$q(t) = \frac{\dot{H}(t)a^6}{K^4 K_0}, \qquad (9$$

Выразим из $K'$ и зададим t как функцию, зависящую от q, т.е. $t = f(q)$,

$$K'(-q) = \frac{K_0}{a^3(t)\sqrt{q(t)}}, \tag{10}$$

$$K'(-q) = \frac{K_0}{\sqrt{q}} a(f(q))^{-3}, \tag{11}$$

Тогда для уравнения пространства-времени $a$ или $H$, заданного $a = a$ (t), (9) и (11) преобразуют функции K и q, описывающих уравнение движения пространства-времени. Как мы видим из уравнения (6), $H$ не может изменить свой знак. Поэтому не происходит переход между нефантомной фазой ($H < 0$ ) и фантомной фазой ($H > 0$ ). В качестве примера рассмотрим модель, соответствующую гравитации Эйнштейна, где Вселенная заполнена только однородной идеальной жидкостью, в уравнении состояния параметр $\omega$ является постоянным. Для ускоренного расширения Вселенной масштабный фактор $a$ и скорость Хаббла $H$ вычисляются по формулам:

$$a(t) = a_0 t^{\frac{2}{3(1+\omega)}}, \qquad H = \frac{2}{3(1+\omega)t}, \tag{12}$$

Преобразуем уравнение (11)

$$K'(-q) = \frac{K_0}{\sqrt{q_0 t \dfrac{4\omega}{1+\omega}}} a_0^{-3} t^{\frac{2}{3(1+\omega)}},$$

$$a = a_0 (t^{\frac{2}{1+\omega}})^{\frac{1}{3}},$$

$$(t^{\frac{-2}{1+\omega}})^{\frac{1}{2\omega}} = (\frac{q}{q_0})^{\frac{-1}{2\omega}},$$

$$a = a_0 (\frac{q}{q_0})^{\frac{1}{6\omega}},$$

Получим уравнение

$$K'(-q) = q_0^{\frac{1}{2\omega}} K_0 a_0^{-3} q \frac{1}{2(\omega-1)}, \tag{13}$$

Интегрируем данное уравнение (13)

$$\int dK(-q) = \int K_0 a_0^{-3} q_0^{\frac{-1}{2\omega}-\frac{1}{2}} dq(-q),$$

$$q_0 = q,$$

Получим уравнение, где $K_1$ - константа интегрирования

$$K(-q) = \frac{-4\omega}{3(1+\omega)^2 K^2 t^2} + K_1, \tag{14}$$

Если возьмем другой пример масштабного фактора $a$ :

$$a(t) = Ae^{\ln\cosh(\alpha t)^2}, \quad (15$$

$$q(t) = A^6 e^{6\ln\cosh(\alpha t)^2}, \tag{16}$$

Пренебрегая, функцией $q$ как функцией высокого порядка. В качестве примера рассмотрим функцию $f$ (рисунок-1).

$$f(t) = \ln\cosh(\alpha t)^2. \tag{17}$$

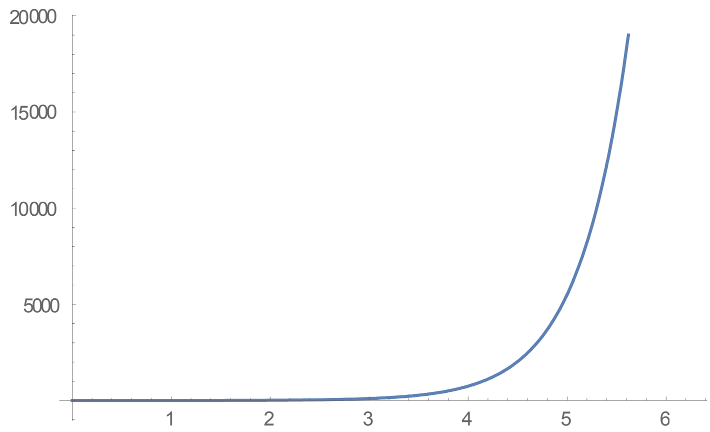

Рисунок 1 – Модель ускоренного расширения Вселенной при рассмотрении модели К-эссенции

После построения графика, получен следующий вывод: в данной статье рассмотрена реконструкция эволюции Вселенной с помощью К-эссенции,используя при этом скалярную модель К-эссенции и модель темной энергии как специальные случаи примеров эволюции Вселенной. Путем корректировки масштабного фактора получена модель, где было стабилизировано решение данной модели, из примера функции f на построенном графике наблюдается, что Вселенная расширяется с ускорением. При рассмотрении модели g-эссенции, т.е. скалярного и фермионного поля в дальнейшем мы сможем получить модель эволюции Вселенной, удовлетворяющую другим условиям уравнений состояния материи из космологии путем корректировки масштабного фактора.

**Список использованных источников**

1. Колб Е. В., Тернер М.С. Ранняя Вселенная - Эддисон-Уэсли, Нью-Йорк, 1990. P.148 - 213.
2. Додельсон С., Современная Космология // Академическая Пресса. Амстердам. 2003 С. 170, 377.
3. Алланч В. С., Материалы летнего исследования APS/DPF/DPB о будущем физики элементарных частиц. Физика. 2002. – С. 25 -113
4. Perlmutter S. Supernova Cosmology Project Collaboration // Astrophys. J., V.517. P. 565.
5. Хокинг С., Дж. Эллис. Крупномасштабная структура пространства-времени. М.: Мир. 1977.
6. Линде А.Д.. Физика элементарных частиц и инфляционная космология. -М.: Наука. 1990.