

УДК 530.12:531.51

Ю.Г. ИГНАТЬЕВ

КОСМОЛОГИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ПЛАЗМЫ С МЕЖЧАСТИЧНЫМ СКАЛЯРНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ. I. КАНОНИЧЕСКАЯ ФОРМУЛИРОВКА КЛАССИЧЕСКОГО СКАЛЯРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

На основе формализма Гамильтона сформулированы динамические уравнения движения скалярно заряженных частиц в классическом скалярном поле, рассмотрена модель с нулевой собственной массой частиц. Найдены линейные интегралы движения и указана неоднозначность связи между кинематической скоростью и импульсом частиц.

Ключевые слова: плазма, скалярные взаимодействия, космология, гравитация.

Введение

В последнее время опубликовано большое количество работ по позднему ускорению Вселенной. Для решения проблемы вторичного ускорения Вселенной во многих работах предлагается коренным образом изменить фундаментальные принципы физики. Однако сейчас появляются некоторые аргументы в пользу того, что сложные, многокомпонентные, классические физические системы также могут приводить ко вторичному ускорению Вселенной. В частности, такие аргументы были приведены Д. Гальцовым, а также автором статьи в докладах на семинаре Gracos-2009 (см., например, [1, 2]). В цитированной работе [2] был приведен пример космологической эволюции полностью вырожденной ферми-системы со скалярным взаимодействием частиц, с начальной инфляцией и поздним ускорением. В работе В. Журавлева [3] исследовалась космологическая эволюция двухкомпонентной системы, состоящей из идеальной жидкости и скалярного поля. В этих работах показано, что такие космологические модели могут иметь начальную инфляционную стадию и позднее ускорение. Таким образом, космологические модели с многокомпонентной материей в состоянии описать основные наблюдательные данные о расширении Вселенной. Некоторые указания на возможность такого поведения сложных систем со скалярным взаимодействием частиц были даны также в работах [4, 5]. В отличие от двухкомпонентной системы «скалярное поле + идеальная жидкость» с гравитационным взаимодействием компонентов рассмотрим статистическую систему скалярно заряженных частиц, в которой некоторые сорта частиц могут прямым образом взаимодействовать со скалярным полем через некоторый фундаментальный *скалярный заряд*. С другой стороны, статистическая система, обладая, вообще говоря, ненулевым скалярным зарядом и сама являясь источником скалярного поля, может эффективно влиять на скалярное поле, управляя его поведением. Такое скалярное взаимодействие было введено в общерелятивистскую кинетическую теорию в 1983 г. автором настоящей статьи [6–9] и несколько позже – Г.Г. Ивановым [10]. В частности, в работах [7, 8] на основе кинетической теории получена самосогласованная система уравнений, описывающая статистическую систему частиц со скалярным взаимодействием.

1. Динамика частиц со скалярным взаимодействием

1.1. Канонические уравнения движения

Канонические уравнения движения релятивистской частицы относительно пары канонически сопряженных динамических переменных x^i (координат) и P_i (обобщенного импульса) имеют вид (см., например, [7])

$$\frac{dx^i}{ds} = \frac{\partial H}{\partial P_i}; \quad \frac{dP_i}{ds} = -\frac{\partial H}{\partial x^i}, \quad (1)$$

где $H(x, P)$ – релятивистски инвариантная функция Гамильтона. Вычисляя полную производную от функции динамических переменных $\Psi(x^i, P_k)$, с учетом (1) найдем