

УДК 530.12, 53.01

Аксионное расширение теории Эйнштейна — Янга — Миллса: Распад цветного эфира и образование аксионной темной материи

Киселев Глеб Борисович

kiselev.gleb.97@gmail.com

Балакин Александр Борисович

Alexander.Balakin@kpfu.ru

Казанский (Приволжский) Федеральный университет, Казань, Россия

Аннотация. Рассматривается $SU(N)$ -симметричная модель взаимодействия между гравитационным, калибровочным, векторным и псевдоскалярным (аксионным) полями. Космический субстрат, названный термином цветной эфир, описывается с помощью $SU(N)$ -симметричного мультиплета векторных полей. Представлен анзац о том, что именно его распад в ранней Вселенной образовал канонический динамический эфир и реликтовую аксионную темную материю. $SU(N)$ -симметричное поле Янга — Миллса, связанное с цветным эфиром, образует источник, передающий энергию распадающегося цветного эфира в аксионное поле. В качестве приложения рассматривается $SU(2)$ симметричная теория взаимодействия калибровочного и аксионного полей как неабелев аналог $U(1)$ симметричной модели аксионно-индуцированной генерации электрического поля в эфирной среде с магнитным полем, выведена система уравнений, описывающая данное взаимодействие. Впоследствии было получено новое точное решение, которое описывает раннюю Вселенную на стадии доминирования калибровочного поля магнито-электрического типа.

Ключевые слова: Анизотропная космология, поле Янга — Миллса, аксионы, темная материя

Введение. Термин динамический эфир был введен в рамках теории эфира Эйнштейна, которая была сформулирована в начале 21 века. Эта теория оперирует с времениподобным единичным динамическим векторным полем U^i , которое интерпретируется как четырехвектор скорости некоторого космического субстрата, обозначенного как эфир. Цветной динамический эфир, который рассматривается в представленной работе, появляется в $SU(N)$ симметричном обобщении модели динамического эфира. Мотивы такого расширения включают физические и математические аспекты; мы кратко рассмотрим их в контексте нашего исследования [1].

Второй вопрос связан с передачей энергии от калибровочного поля к аксионной конфигурации. Очевидно, что огромное количество аксионов должно было родиться в результате взаимодействия калибровочных и псевдоскалярных полей в ранней Вселенной, если сейчас эти частицы образуют темную материю, с которой связано 23% плотности энергии Вселенной. Другими словами, мы предполагаем, что в ходе своего распада энергия цветного эфира частично передавалась каноническому динамическому эфиру, а ча-

стично — аксионной конфигурации, причем посредником этого процесса было калибровочное поле [2].

В качестве приложения мы изучаем анизотропные космологические модели с пространственно однородным полем Янга — Миллса; и теперь мы намерены исследовать $SU(2)$ -аналог намагниченной Вселенной, вводя калибровочное поле магнитоэлектрического типа. Теория такого калибровочного поля имеет дело с $SU(2)$ -симметричным мультиплетом векторных потенциалов $A^{(a)}_j$ ($a = 1, 2, 3$), и две упомянутые выше электродинамические проблемы могут быть решены элегантно в рамках этой теории [3].

Методы и материалы; результаты. В качестве основного метода исследования выступает решение дифференциальных уравнений, полученных с помощью операции варьирования функционала действия по соответствующим полям. Данные уравнения описывают взаимодействие калибровочных, векторных, гравитационных и аксионных полей, решение которых позволяет получить физическую интерпретацию в исследовании данной модели.

В качестве результатов мы рассмотрели прямое влияние динамического эфира на аксионную темную материю, используя потенциал аксионного поля, который зависит от инвариантов, приписываемых динамическому эфиру. Теперь мы учли обратную реакцию аксионного поля на цветовой эфир, используя обобщение конститутивного тензора Джекобсона.

В качестве частного случая для данной теории, основанной на точных решениях основных уравнений на взаимодействие полей магнитоэлектрического типа, мы обсудили структуру $SU(2)$ симметричной конфигурации поля Янга — Миллса магнитоэлектрического типа в контексте анизотропно расширяющейся пространственно-временной платформы Бианки-I с аксиальной симметрией.

Заключение. В работе с использованием нелинейной аксионной электродинамики мы показали, что взаимодействие аксионной темной материи с глобальным магнитным полем может приводить к аномальным вспышкам аксионно-индуцированного электрического поля, но само аксионное поле остается в конечной зоне эволюции. В этой работе мы обобщили $U(1)$ -симметричную аксионную электродинамику и сформулировали нелинейную $SU(N)$ -симметричную обобщенную аксионную хромодинамику.

Одним из ключевых обобщений стало исследование $SU(2)$ аналога симметричного поля Янга — Миллса магнито-электрического типа с набором дифференциальных уравнений.

В следующих работах мы надеемся дополнить это аналитическое исследование подробным численным анализом модели.

Список источников

- [1] Balakin A.B., Kiselev G.B. Spontaneous Color Polarization as a Modus Originis of the Dynamic Aether. Universe, 2020, vol. 6, art. no. 95.

- [2] Balakin A.B., Kiselev G.B. Einstein — Yang — Mills-Aether Theory with Nonlinear Axion Field: Decay of Color Aether and the Axionic Dark Matter Production. *Symmetry*, 2022, vol. 14, art. no. 1621.
- [3] Балакин А.Б., Киселев Г.Б. Нелинейное взаимодействие аксионного поля с динамическим эфиром и SU(2) симметричным калибровочным полем в анизотропной вселенной. *Пространство, время и фундаментальные взаимодействия*, 2023, № 1, с. 12–15.

Axion extension of the Einstein — Yang — Mills theory: Decay of colored aether and formation of axion dark matter

Kiselev G.B.

iselev.gleb.97@gmail.com

Balakin A.B.

Alexander.Balakin@kpfu.ru

Kazan Federal University, Kazan, Russia

Abstract. The SU(N)-symmetric model of interaction between gravitational, gauge, vector and pseudoscalar (axion) fields is considered. The cosmic substrate, called the color ether, is described by an SU(N)-symmetric multiplet of vector fields. An ansatz is presented that it is its decay in the traditional modern world that is the traditional dynamic ether and relict action dark matter. The SU(N)-symmetric Yang — Mills field associated with the color ether forms a source transmitting a signal of the servicing color ether to the action field. As an application of the SU(2) effect, the symmetric theory of interaction of the gauge and action fields as a non-Abelian U(1)-symmetric model of action-induced analog generation generates fields in the ether medium with a magnetic field, a definition system is derived that describes certain interactions. The law has been given a new exact solution, which characterizes the early Universe stage of dominance of gauge fields of the magneto-electric type.

Keywords: Anisotropic cosmology, Yang — Mills field, axions, dark matter

Introduction. The term dynamic ether was introduced in the framework of Einstein's ether theory, which was formulated in the early 21st century. This theory operates with a timelike unit dynamic vector field U_i , which is interpreted as the four-vector velocity of some cosmic substrate, denoted as ether. The color dynamic ether, which is considered in the presented work, appears in the SU(N) symmetric generalization of the dynamic ether model. The motivations for such an extension include physical and mathematical aspects; we will briefly consider them in the context of our study [1].

The second question is related to the energy transfer from the gauge field to the axion configuration. It is obvious that a huge number of axions should have been born as a result of the interaction of gauge and pseudoscalar fields in the early Universe, if these particles now form the dark matter, which is associated with 23% of the energy density of the Universe. In other words, we assume that during its decay, the energy of the color ether was partially transferred to the canonical dynamic ether, and partially to the axion configuration, with the gauge field acting as an intermediary in this process [2].

As an application we study anisotropic cosmological models with a spatially uniform Yang — Mills field; and now we intend to study the SU(2) analogue of the magnetized Universe by introducing a gauge field of magnetoelectric type. The theory of such a gauge field deals with an SU(2)-symmetric multiplet of vector potentials $A(a)_j$ ($a = 1, 2, 3$), and the two above-mentioned electrodynamic problems can be solved elegantly within this theory [3].

Methods and materials; results. The main method of the study is the solution of differential equations obtained by varying the action functional with respect to the corresponding fields. These equations describe the interaction of gauge, vector, gravitational and axion fields, the solution of which allows us to obtain a physical interpretation in the study of this model.

As results, we considered the direct influence of the dynamic ether on the axion dark matter using the potential of the axion field, which depends on the invariants attributed to the dynamic ether. Now we took into account the back reaction of the axion field on the color ether using a generalization of the Jacobson constitutive tensor.

As a special case for this theory, based on exact solutions of the main equations for the interaction of magneto-electric fields, we discussed the structure of the SU(2) symmetric configuration of the Yang — Mills field of magnetoelectric type in the context of an anisotropically expanding space-time Bianchi-I platform with axial symmetry.

Conclusion. In our work using nonlinear axion electrodynamics, we showed that the interaction of axion dark matter with the global magnetic field can lead to anomalous bursts of the axion-induced electric field, but the axion field itself remains in the final evolution zone. In this work, we generalized the U(1)-symmetric axion electrodynamics and formulated the nonlinear SU(N)-symmetric generalized axion chromodynamics. One of the key generalizations was the study of the SU(2) analogue of the symmetric Yang — Mills field of magnetoelectric type with a set of differential equations.

In future works, we hope to supplement this analytical study with a detailed numerical analysis of the model.

References

- [1] Balakin A.B., Kiselev G.B. Spontaneous Color Polarization as a Modus Originis of the Dynamic Aether. Universe, 2020, vol. 6, art. no. 95.
- [2] Balakin A.B., Kiselev G.B. Einstein — Yang — Mills-Aether Theory with Nonlinear Axion Field: Decay of Color Aether and the Axionic Dark Matter Production. Symmetry, 2022, vol. 14, art. no. 1621.
- [3] Balakin A.B., Kiselev G.B. Nonlinear interaction of an axion field with a dynamic ether and a SU(2) symmetric gauge field in an anisotropic universe. Space, Time and Fundamental Interactions, 2023, no. 1, pp. 12–15. (In Russ.).