

На правах рукописи



Брандышев Петр Евгеньевич

КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В СУПЕРСИММЕТРИЧНОЙ
ПОЛЕВОЙ МОДЕЛИ СО СКАЛЯРНЫМ ПОЛЕМ

Специальность 01.04.02 – теоретическая физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Москва 2021

Работа выполнена на кафедре теоретической физики им. Шпольского Института физики, технологии и информационных систем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский педагогический государственный университет» (МПГУ).

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор Фролов Борис Николаевич, профессор кафедры теоретической физики Института физики, технологии и информационных систем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский педагогический государственный университет» (МПГУ)

Официальные оппоненты:

Иващук Владимир Дмитриевич, доктор физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник отдела 001 Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» (ФГУП «ВНИИМС»)

Портнов Юрий Алексеевич, кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры «Физика» Энерго-экологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет» (МАДИ)

Арбузов Андрей Борисович, доктор физико-математических наук, профессор РАН, начальник сектора №5 научного отдела теории фундаментальных взаимодействий Лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова Международной межправительственной организации «Объединенный институт ядерных исследований» (ОИЯИ)

Защита состоится «22» декабря 2021 года, в __ часов __ минут на заседании диссертационного совета ПДС 0200.004 в Российском университете дружбы народов по адресу: 117923, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3, ауд. 110.

С диссертацией можно ознакомиться в УНИБЦ РУДН по адресу: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6.

Автореферат разослан «__» _____ 2021 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета
к.ф.-м.н., доцент

Будочкина С.А.

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования

После создания Эйнштейном общей теории относительности (ОТО) в теоретической физике была сформулирована геометрическая парадигма, согласно которой развитие теории гравитации проводилось по пути усложнения структуры пространства-времени. Согласно ОТО четырехмерное пространство-время обладает свойствами искривленного пространства Римана. Для решения проблем космологии предпринимались попытки обобщения ОТО путем усложнения геометрической структуры пространства-времени. Математиками Г. Вейлем, Э. Картаном, И. Схоутеном были исследованы более общие постромановы пространства с кручением и неметричностью. Т. Калуцей была выдвинута революционная идея, что пространство-время может иметь более четырех измерений¹. Позднее пространство-время было наделено геометрической структурой суперпространства², где наряду с обычными коммутирующими координатами вводились антикоммутирующие суперкоординаты. Идея суперпространства и подход Калуцы получили широкое распространение в теории супергравитации и теории суперструн. Как известно, преобразования суперсимметрии являются преобразованиями пространственной (не внутренней) симметрии и генерируют сдвиг в суперпространстве. Таким образом, концепцию суперсимметрии также можно рассматривать в рамках геометрической парадигмы.

Как известно, на уровне сверхсильных взаимодействий физические явления демонстрируют масштабную инвариантность (скейлинг Бьеркена). Поэтому существование такой симметрии можно ожидать в начале рождения Вселенной, когда энергетический выход был огромный. В пользу гипотезы о масштабной инвариантности свидетельствуют исследования спектра первичных возмущений в ранней Вселенной - наличие так называемого плато Харрисона-Зельдовича³, подтвержденного последними наблюдательными данными по изучению анизотропии реликтового излучения. В силу этого для описания динамики полей в начале Вселенной было предложено вместо группы Пуанкаре использовать группу Пуанкаре-Вейля⁴.

¹ Kaluza Th. On the Unification Problem in Physics // Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Berlin. Math. and Phys. K. Vol 1. 1921. 966-972.

² Salam A., Strathdee J.A. Supergauge transformations // Nucl. Phys. B. 1974. Vol. 76 P. 477-482.

³ Сажин М.В. Анизотропия и поляризация реликтового излучения. Последние данные // Успехи физ. наук. 2004. Т. 174. № 2. С. 197-205.

⁴ Babourova O.V., Frolov B.N., Zhukovsky V.Ch. Gauge Field Theory for Poin-care Weyl Group // Phys. Rev. D . 2006. Vol. 74. P. 064012-1-12.

В данной группе помимо преобразований группы Пуанкаре также содержатся масштабные преобразования Вейля (дилатационные преобразования), генерирующие сжатия и растяжения пространства-времени. Следствием этой теории является предположение наличия геометризованного скалярного поля (дилатона), имеющего такой же фундаментальный геометрический смысл, как и метрический тензор. По своим математическим свойствам данное поле является скалярным полем с единичным конформным весом и совпадает со скалярным полем, введенным Дираком⁵ и независимо Дезером⁶.

На основе трактовки группы Пуанкаре-Вейля как локальной группы в работе⁴ была развита калибровочная теория гравитации Вейля-Дирака, в которой скалярное поле Дирака определяет эффективную гравитационную постоянную, описывающую темную энергию. Одним из следствий данной теории гравитации является найденное для сверхранней стадии развития Вселенной решение в виде резкого экспоненциального спада эффективной космологической постоянной, предельное значение которой совпадает с ее современным значением, что позволяет обосновать ускоренное расширение Вселенной в современную эпоху. Данный результат мог бы решить проблему космологической постоянной. Эта проблема связана с тем, что значение энергии вакуума, вычисляемое в квантовой теории поля, на сто двадцать порядков больше наблюдаемого значения. Одним из важных аспектов теории, развиваемой авторами работы⁷, является то, что действие теории содержит члены высших порядков по кривизне. Также было показано⁸, что скалярное поле Дирака в данной теории может иметь потенциал типа Хиггса и в результате спонтанного нарушения масштабной симметрии может приводить к возникновению масс у элементарных частиц по аналогии с механизмом Хиггса.

Известно, что теория струн до сих пор является одним из наиболее вероятных кандидатов на роль единой теории фундаментальных взаимодействий, позволяющей квантовать гравитацию.

⁴ Babourova O.V., Frolov B.N., Zhukovsky V.Ch. Gauge Field Theory for Poin-care Weyl Group // Phys. Rev. D. 2006. Vol. 74. P. 064012-1-12.

⁵ Dirac P.A.M. Long range forces and broken symmetries // Proc. Roy. Soc. (London). 1973. Vol. 333. P. 403-418.

⁶ Deser S. Scale Invariance and Gravitational Coupling // Annals Phys. (USA). 1970. Vol. 59. P. 248-253.

⁷ Frolov B.N., Karbanovski V. The asymptotical solutions near the singular points for perfect fluid configurations in the conformal Poincare-gauge theory of gravitation // Phys. Lett. A 1992. Vol. 169. Iss. 1-2. P. 1-4.

⁸ Frolov B.N. Generalized Conformal Invariance and The Gauge Theory of Gravity // В сб.: Gravity. Particles and Space-time. (Ed. P. Pronin and G. Sardanashvily). Singapore, New Jersey, London, Hong Kong: World Scientific 1996. P. 113-114.

Таким образом, суперсимметрия представляет особый интерес, и в том числе теория супергравитации, которая является низкоэнергетическим пределом теории суперструн. В связи с этим имеет смысл рассмотреть суперсимметричное обобщение группы Пуанкаре-Вейля (суперконформную группу) и построить суперсимметричную версию калибровочной теории Вейля-Дирака со скалярным полем Дирака, а также исследовать её космологические приложения.

Одной из важнейших задач теоретической физики является построение реалистической низкоэнергетической теории супергравитации, описывающей темную энергию и темную материю, а также согласующейся со стандартной моделью физики элементарных частиц. Построение такой теории можно начать с изучения различных способов компактификации многомерной теории суперструн и поиска подходящего вакуума, совместимого со стандартной моделью. Таких вакуумов слишком много и поэтому такой поиск представляется крайне трудоемкой задачей. Другой путь заключается в том, что сначала строится реалистическая четырехмерная теория супергравитации и исследуются свойства полученной модели, а затем ищется способ компактификации, позволяющий вложить данную модель в теорию суперструн в качестве низкоэнергетического приближения.

Преимуществом суперсимметричных теорий является то обстоятельство, что в результате спонтанного нарушения суперсимметрии всегда возникают массивные стабильные частицы, которые могут быть идеальными кандидатами на роль частиц темной материи. Также в рамках теории супергравитации может быть предсказано существование массивных частиц, являющихся квантами инфлатонного поля, которое служит источником темной энергии. Возможно, суперсимметрия позволяет решить проблему космологической постоянной. Дело в том, что в суперсимметричной теории число фермионов совпадает с числом бозонов, поэтому в сумме энергия нулевых колебаний оказывается равной нулю. При этом суперсимметрия позволяет рассматривать теорию гравитации с отличной от нуля космологической постоянной. Подобная суперсимметричная теория, допускающая наличие ненулевой космологической постоянной, была рассмотрена, например, в работе⁹. Ненулевое значение космологической постоянной в теории супергравитации может быть получено, если учесть струнные поправки высших порядков по кривизне.

⁹Аминова А.В., Люлинский М.Х. Эффект ненулевой космологической постоянной в супер-Пуанкаре-инвариантной вселенной // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. 2019. № 3(28). С. 11-19.

Автором диссертации рассмотрена низкоэнергетическая теория суперструн типа ПА, допускающая наличие малой космологической постоянной при больших дополнительных измерениях. Наличие больших дополнительных измерений приводит к тому, что эффекты квантовой гравитации могут проявляться на расстояниях, более значительных по сравнению со стандартной планковской длиной. Подобные теории рассматривались, например, в работах^{10,11}. Также получено решение с исчезающей малой космологической постоянной при малых дополнительных измерениях в одиннадцатимерной теории супергравитации, являющейся низкоэнергетическим пределом М-теории.

В данной диссертационной работе также рассмотрена теория супергравитации с полями Хиггса. Рассмотрение сектора Хиггса в контексте космологии продиктовано следующими соображениями. Дело в том, что наиболее естественный способ получить проверяемые следствия из построенной космологической модели состоит в предсказании новых частиц. Например, чтобы объяснить природу тёмной энергии, необходимо рассматривать взаимодействие инфлатонного поля с уже известными полями, существующими в природе. Так как работа посвящена именно скалярным полям, разумно рассматривать именно поле Хиггса (единственное скалярное поле, обнаруженное экспериментально). В таком случае кванты инфлатонного поля могут рождаться при высоких энергиях и оказывать влияние на амплитуды процессов с участием бозонов Хиггса, что может быть проверено экспериментально. Указанные сведения являются обоснованием актуальности темы диссертационного исследования.

Цель и задачи

Целью диссертационной работы является изучение суперсимметричных полевых моделей со скалярным полем и их применение в космологии (в особенности, для объяснения природы темной энергии). Для реализации обозначенной цели решаются следующие задачи:

1. Исследование конформной теории супергравитации, являющейся суперсимметричным обобщением теории скалярного поля Дирака.
2. Построение калибровочной теории супергравитации на основе суперконформной группы, являющейся суперсимметричным обобщением группы Пуанкаре-Вейля.

¹⁰ Рубаков В.А. Большие и бесконечные дополнительные измерения // УФН. 2001. Том 171. № 9, С. 913-938.

¹¹ Burinskii A. Weakness of gravity as illusion which hides true path to unification of gravity with particle physics // Int. J. Mod. Phys. D 2017. Vol. 26. № 12. P. 1743022-1-9.

3. Построение действия конформной супергравитации, описывающего взаимодействие инфлатона с полями Хиггса.
4. Поиск космологических решений вакуумных уравнений в низкоэнергетической M-теории с квантовыми гравитационными поправками высших порядков по кривизне.
5. Исследование бозонного сектора низкоэнергетической теории суперструн типа II A.

Научная новизна

Научная новизна исследования заключается в том, что:

- Показано, что конформная теория супергравитации допускает наличие малой положительной космологической постоянной (следовательно, допускает возможность решения проблемы космологической постоянной).
- Показано, что в данной теории значение гравитационной константы Ньютона усаживается в результате спонтанного нарушения масштабной симметрии.
- Построена конформная теория супергравитации с полями Хиггса, описывающая спонтанное нарушение электрослабой симметрии в соответствии со стандартной моделью физики элементарных частиц.
- Получены уравнения движения для одиннадцатимерной теории супергравитации с кручением и мембранными поправками. Бозонный сектор одиннадцатимерной супергравитации совпадает с чистой гравитацией в пространстве Картана, то есть данная теория является примером теории гравитации в постромановом пространстве. В результате компактификации в данной теории возникает дилатонное скалярное поле, и данная теория сводится к некиральной $D=10$ $N=2$ теории супергравитации.
- Получен явный вид уравнений гравитационного поля в некиральной $D=10$ $N=2$ теории супергравитации с учётом струнных поправок.

Теоретическая значимость

Теоретическая значимость диссертационной работы состоит в том, что построенные автором модели в дальнейшем могут быть использованы для описания процессов в сверхранней Вселенной, так как скалярное поле играет важную роль в описании первичных возмущений космического микроволнового излучения. В работе построена модель, которая не только согласуется со Стандартной моделью физики элементарных частиц, но и описывает современную стадию расширения Вселенной в соответствии с

данными наблюдений, поэтому дальнейшее развитие данной модели может пролить свет на природу темной энергии.

Практическая значимость

Практическая значимость результатов данного диссертационного исследования заключается в том, что рассматриваемая теория предсказывает существование новых частиц, которые могут быть обнаружены на ускорителях будущего. В частности модель, рассматриваемая в данной диссертационной работе, предсказывает существование пяти массивных скалярных частиц.

Методология и методы исследования

В работе применялись методы современной теоретической физики:

- методы дифференциальной геометрии и вариационного исчисления;
- суперпространственный формализм;
- метод символьных вычислений с помощью программы MAPLE.

Положения, выносимые на защиту

1. Предложена конформная теория 4D $N=1$ супергравитации с положительной космологической постоянной.
2. Получено космологическое решение в конформной теории супергравитации, приводящее к спонтанному нарушению масштабной инвариантности.
3. Построена конформная теория супергравитации с полями Хиггса, и найдены массы всех бозонов Хиггса, наиболее лёгкий из которых отождествляется с бозоном Хиггса, открытым на БАК.
4. Найдены решения типа Энглерта и Фройнда-Рубина вакуумных уравнений одиннадцатимерной супергравитации с поправками четвертого порядка по кривизне.
5. Получено решение уравнений гравитационного поля с учетом поправок четвертого порядка по кривизне в низкоэнергетической теории суперструн типа ПА, описывающее сверххранную деситтеровскую стадию инфляции.

Достоверность результатов исследования

Достоверность результатов, полученных в диссертации, основывается на корректности использованных методов современной дифференциальной

геометрии, вариационного исчисления и суперпространственного формализма. Результаты, полученные в диссертации, проверены с помощью компьютерной программы MAPLE.

Личный вклад автора

Личный вклад автора отражен в содержании диссертации и результатах, выносимых на защиту. Результаты получены автором совместно с научным руководителем, причем вклад автора был определяющим.

Публикации

Результаты диссертационной работы изложены в статьях [1],[2],[3],[4], опубликованных в журналах, включенных в перечень РУДН, а также в тезисах конференций [5],[6],[7],[8]. Работы [1],[2] опубликованы в международной системе цитирования **Scopus**.

Апробация

Апробация результатов исследования осуществлялась на конференциях [5],[6],[7],[8].

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и библиографии. Объем диссертации составляет 107 страниц. Список литературы включает 135 наименований.

Краткое содержание работы

Раздел 1 носит обзорный характер. В данной главе изложены результаты, полученные другими авторами. Эти результаты были использованы автором диссертационной работы в других главах для получения оригинальных результатов.

Подраздел 1 посвящён истории открытия и развития идей суперсимметрии.

В подразделе 2 настоящей главы рассматриваются скалярные поля в теориях с глобальной суперсимметрией. Как известно, формализм скалярных суперполей в случае глобальной суперсимметрии легко обобщается на случай локальной суперсимметрии путем замены обычных производных на ковариантные производные. Также рассмотрены действия для скалярных и калибровочных полей, инвариантные относительно глобальной суперсимметрии. Как известно, в суперсимметричных теориях (как локальных, так и глобальных) в качестве лагранжианов рассматриваются D и F члены скалярных суперполей, которые в результате преобразований

суперсимметрии меняются на полную дивергенцию. Именно этот формализм используется для построения действий для полей Хиггса и калибровочных полей стандартной модели в следующих главах.

В подразделе 3 представлено действие для локально суперсимметричной теории (действие супергравитации Пуанкаре), описывающей взаимодействие скалярного поля с гравитационными полями (с гравитоном и полем гравитино).

В подразделе 4 описывается суперконформная алгебра, являющаяся суперсимметричным обобщением алгебры Пуанкаре-Вейля. Помимо преобразований группы Пуанкаре-Вейля суперконформная группа также содержит группу преобразований суперсимметрии в качестве подгруппы. Дело в том, что суперконформная группа широко используется для построения действий супергравитации, так как это более простой способ формулировки теории супергравитации. Симметрия более высокого порядка приводит к тому, что инварианты и преобразования имеют более простую форму, поэтому обычно сначала локально суперсимметричная теория формулируется на языке конформной супергравитации, а затем совершается переход к обычной супергравитации Пуанкаре путем фиксации лишних симметрий. Таким образом, конформная подгруппа обычно играет вспомогательную роль. Однако, конформная симметрия (например, симметрия относительно масштабных преобразований) также может рассматриваться в качестве реальной симметрии природы, о чем речь пойдет далее.

В подразделе 5 приводится наиболее общий вид действия конформной супергравитации, который в дальнейшем будет использован для построения космологических моделей на основе данной теории.

В разделе 2 обсуждаются космологические следствия конформной теории супергравитации со скалярными полями.

В подразделе 1 предложены две космологические модели конформной супергравитации с одним и с двумя скалярными полями, описывающие современную стадию инфляции.

В подразделе 2 построена модель конформной теории супергравитации с киральным суперполем, имеющим единичный конформный вес и заряженным относительно группы $U(1)$. Данное киральное суперполе является аналогом скалярного поля Дирака. Показано, что данная теория эквивалентна теории гравитации Эйнштейна-Гильберта с Λ -членом, зависящим от константы связи

$$\Lambda = \frac{9g^2}{4\kappa^2}, \quad (1)$$

и описывает темную энергию с положительной постоянной плотностью. Константа связи g определяет интенсивность взаимодействия, описываемого группой $U(1)$.

В подразделе 3 рассмотрена модель конформной теории супергравитации с двумя киральными суперполями, имеющими единичный конформный вес. Данная теория построена на основе локальной суперконформной группы, являющейся суперсимметричным обобщением группы Пуанкаре-Вейля. Показано, что в данной модели гравитационная константа связи зависит от скалярных полей

$$|\langle \phi \rangle|^2 - |\langle \varphi \rangle|^2 = \frac{6}{\kappa}. \quad (4)$$

где $\langle \phi \rangle$ и $\langle \varphi \rangle$ - вакуумные средние скалярных полей. Поля ϕ и φ являются компонентами низшей размерности киральных суперполей и имеют единичный конформный вес. Поэтому значение гравитационной константы определяется в результате спонтанного нарушения конформной симметрии подобно тому, как массы полей в Стандартной модели фиксируются в результате спонтанного нарушения электрослабой симметрии и зависят от полей Хиггса.

В подразделе 4 построена конформная теория супергравитации с полями Хиггса, описывающая спонтанное нарушение электрослабой симметрии. Данная теория описывается суперпотенциалом

$$f = \mu H_u^T \varepsilon H_u + \lambda + \eta \Phi + \rho \Phi^2, \quad (5)$$

где H_u и H_d - суперполя Хиггса, являющиеся изодублетами относительно группы $SU(2)$, Φ - суперполе инфлатона, μ, λ, η, ρ - произвольные константы. Таким образом, теория изначально включает восемь действительных скалярных полей Хиггса. Три из них являются голдстоуновскими бозонами и устраняются из лагранжиана в результате механизма Хиггса, поэтому физическим степеням свободы соответствуют только пять полей. Теория формулируется таким образом, чтобы массы всех скалярных (бозоны Хиггса) и калибровочных полей (W и Z бозонов), а также значения констант связи (например, константа слабого взаимодействия и электрический заряд), точно соответствовали Стандартной модели физики элементарных частиц.

В подразделе 5 найдены массы всех полей сектора Хиггса в построенной модели. Показано, что теория предсказывает существование пяти бозонов Хиггса. Самый легкий из них отождествляется со стандартным бозоном Хиггса, открытым на БАК. Показано, в частности, что при $\lambda = 0$

$$m_c \approx m_1 \approx m_2 \approx 3.455 \cdot 10^{15} m_h. \quad (6)$$

где m_h - масса стандартного бозона Хиггса, m_1 и m_2 - массы двух дополнительных нейтральных полей Хиггса. Также модель предсказывает существование двух заряженных бозонов Хиггса, имеющих массы, равные m_c . Из (6) видно, что константы связи можно подобрать таким образом, чтобы четыре дополнительных скалярных бозона имели массы, которые на 15 порядков больше массы стандартного бозона Хиггса. Следовательно, модель не противоречит экспериментальным данным (массы дополнительных скалярных полей могут быть слишком велики, чтобы их кванты можно было обнаружить на БАК). Также показано, что в данной модели могут быть получены космологические решения с постоянной Хаббла, соответствующей данным наблюдений.

В разделе 3 рассматривается теория супергравитации, являющаяся низкоэнергетическим приближением теории струн.

В подразделе 1 рассмотрена струнно-инспирированная теория супергравитации с полями модулей и полями Хиггса.

В подразделе 2 рассмотрен спектр масс данной модели.

В подразделе 3 найдены космологические параметры реликтового излучения, предсказанные данной моделью.

В подразделе 4 получены космологические решения в одиннадцатимерной супергравитации с квантовыми поправками. Данная теория является низкоэнергетическим приближением М-теории. Пространство-время представлено в виде прямого произведения трех пространств Эйнштейна

$$M = dS_4 \times S^4 \times S^3.$$

Также получено решение в случае, когда компактное пространство представлено в виде семимерной сферы (множества октонионов с постоянной нормой).

В подразделе 5 получены космологическое решение в теории суперструн типа ПА, предполагающее, что пространство-время имеет вид

$$M = M^4 \times S^3 \times S^3.$$

В Заключении сформулированы результаты, выносимые на защиту.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации

а) Публикации в изданиях, входящих в международную базу цитирования Scopus

[1] Brandyshev P.E. Spontaneous compactification of eleven-dimensional supergravity with higher-order corrections in the curvature // Theor. Math. Phys. No. 1, Vol. 188, 2016, P. 1099.

[2] Brandyshev P.E. Cosmological solutions in low-energy effective field theory for type IIA superstrings // Gravitation and Cosmology. No. 1, Vol. 23, 2017, P. 15–19.

б) Публикации в изданиях, входящих в Перечень РУДН

[3] Брандышев П.Е., Фролов Б.Н. Космологическая инфляция в конформной теории супергравитации // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. 2018. № 3(24). С. 4-18.

[4] Брандышев П. Е., Фролов Б. Н. Инфлатон и поле Хиггса в конформной теории супергравитации // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. 2019. № 2(27). С. 4-14.

в) Тезисы конференций

[5] Брандышев П.Е. Космологическая инфляция в М-теории // ЛШ Всероссийская конференция по проблемам динамики, физики частиц, физики плазмы и оптоэлектроники. Москва, РУДН, 15-19 мая 2017 г. - Материалы конференции. С. 107-109.

[6] Брандышев П.Е. Поле Хиггса и тёмная энергия в конформной теории супергравитации // LIV Всероссийская конференция по проблемам динамики, физики частиц, физики плазмы и оптоэлектроники. Москва, РУДН, 14-18 мая 2018 г. - Материалы конференции. С. 22-24.

[7] Брандышев П.Е., Фролов Б.Н. Скалярные поля в конформной теории супергравитации // LIV Всероссийская конференция по проблемам динамики, физики частиц, физики плазмы и оптоэлектроники. Москва, РУДН, 14-18 мая 2018 г. - Материалы конференции. С. 25-27.

[8] Brandyshev P.E. Higgs boson and Dark energy in conformal supergravity // XXI International Meeting Physical Interpretations of Relativity Theory - 2019. Moscow. BMSTU. 01–05 July 2019. - Abstracts. P. 24.

Аннотация

Брандышев Петр Евгеньевич

Космологические эффекты в суперсимметричной полевой модели со скалярным полем

Исследованы теории супергравитации со скалярными полями. Найдено космологическое решение в низкоэнергетическом приближении теории суперструн типа IIA с учетом поправок четвертого порядка по тензору

кривизны, описывающее сверхраннюю инфляционную стадию расширения Вселенной. Получено космологическое решение типа Энглерта, а также решение типа Фройнда-Рубина, описывающее современную стадию расширения Вселенной, в одиннадцатимерной теории супергравитации с учетом поправок четвертого порядка по кривизне. Построена четырехмерная калибровочная теория супергравитации с полями Хиггса, описываемая группой электрослабой симметрии $SU(2)\times U(1)$. Получено космологическое решение в данной теории, соответствующее современной стадии развития Вселенной. Теория предсказывает существование пяти скалярных бозонов Хиггса. Найдены массы всех бозонов Хиггса. Показано, что константы связи теории можно подобрать таким образом, чтобы один из данных бозонов совпадал с бозоном Хиггса, обнаруженным на БАК. Четыре других бозона имеют массы, на много порядков превышающие массу стандартного бозона Хиггса. Показано, что данная модель правильно описывает спонтанное нарушение электрослабой симметрии, при котором все константы соответствуют стандартной модели (электрический заряд, константа электрослабого взаимодействия, массы W и Z бозонов).

Abstract

Brandyshev Petr Evgenyevich

Cosmological effects in supersymmetric field model with scalar field

Theories of supergravity with scalar fields are investigated. We found a cosmological solution describing the super-early inflationary stage of the expansion of the Universe in the low-energy approximation of the type IIA superstring theory taking into account the fourth-order corrections to the curvature tensor. A cosmological solution of Englert type and a Freund-Rubin type solution describing the present stage of the Universe expansion in the eleven-dimensional supergravity theory taking into account the fourth-order curvature corrections were obtained. The four-dimensional gauge theory of supergravity with Higgs fields described by the electroweak symmetry group is constructed. The cosmological solution in this theory corresponding to the modern stage of the Universe is obtained. The theory predicts the existence of five scalar Higgs bosons. The masses of all Higgs bosons are found. It is shown that the coupling constants of the theory can be chosen so that one of these bosons is identified with the Higgs boson detected at the LHC. Four other bosons have masses many orders of magnitude greater than the mass of the standard Higgs boson. It is shown that this model correctly describes the spontaneous breaking of electro-weak symmetry and all constants correspond to the standard model (electric charge, electro-weak interaction constant, masses W and Z bosons).