
ПЯТИМЕРНЫЕ ЕДИНЫЕ ТЕОРИИ ПОЛЯ: НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

Б.Г. Алиев

МГУ дизайна и технологии

В статье, опираясь на результаты последних лет, анализируются новые перспективы многомерных обобщений ОТО на основе пятимерного подхода, их связь со скалярно-тензорными теориями гравитации, вводится расширенная концепция массы покоя пробной частицы, связанная с изменением размерности риманова пространства, в котором движется рассматриваемая частица. Эта концепция приводит нас к переменности и, как вполне возможному здесь варианту, комплексности данной массы покоя и даёт функциональную зависимость её от некоего фундаментального скалярного гравитационного поля, которое порождается компонентой 5-метрики G_5 , что также позволяет нам установить связь между пятимерным подходом и принципом Маха, а также и некоторыми другими космологическими проблемами. Возможная комплексность обобщённой массы покоя позволяет говорить о связи пятимерного подхода с квантовой теорией. Рассматривается (4+1)-редукция пятимерных тождеств Риччи, подтверждающая, что полученные физико-геометрические характеристики пятимерной теории и связывающие их уравнения есть, в духе идей Клиффорда, следствие именно римановой структуры нашего пятимерного Мира и его четырёхмерного пространственно-временного сечения. При этом возникает новый взгляд на истинные истоки обеих пар уравнений Максвелла, на вопрос об их, как оказывается, кажущейся симметрии и на проблему так называемого и до сих пор неуловимого монополя Дирака. Кроме того, анализ вышеупомянутых редуцированных тождеств Риччи наводит на мысль, что процесс перехода к цилиндрическому по пятой координате Миру аналогичен фазовому переходу второго рода, и скалярный «океан», в который, видимо, погружён наш Мир, приобретает свойство, аналогичное сверхтекучести, что проливает новый свет на понимание обнаруженного недавно эффекта ускоренного расширения нашей Вселенной.

Ключевые слова: Общая теория относительности (ОТО), пятимерные теории типа Калуцы и Клейна (ККТ), скалярно-тензорные теории (СТТ), Скалярное гравитационное поле (СГТ), принцип Маха (ПМ), тождества Риччи (ТР), тождества Бьянки (ТБ), уравнения Максвелла (УМ), монополь Дирака (МД), эффект Казимира (ЭК), топологический фазовый переход 2-го рода (ТФП-2).

Вскоре после создания А. Эйнштейном ОТО, появился ряд работ, в которых была предпринята попытка геометризации не только гравитации, но и другого, известного на тот момент времени фундаментального взаимодействия, электромагнетизма. К наиболее интересным следует отнести работу Г. Вейля [1], в которой объединение двух взаимодействий осуществляется на базе более общей геометрии, чем риманова, а также пионерские работы Т. Калуцы [2], О. Клейна [3], в которых геометризация двух взаимодействий производилась за счёт введения дополнительного, пятого измерения. Здесь мы подробнее остановимся на пятимерном подходе, так как подход Вейля,

как показал в своей работе Ю.С. Владимиров [4], может быть получен из пятимерного подхода путём введения конформного соответствия двух пятимерных римановых пространств. В его же замечательной монографии «Геометрофизика» [5] даётся прекрасный обзор работ по многомерию. Пятимерный подход был также прародителем скалярно-тензорного обобщения ОТО, подробное рассмотрение и анализ которого приводится в интересной монографии Г. Тредера [6]. Мы коснёмся этого вопроса позже. А сейчас рассмотрим новые аспекты пятимерных теорий.

При осуществлении $(4+1)$ -редукции $V_5 \rightarrow V_4$ пятимерного риманова пространства с помощью монадного метода в хронометрической калибровке и наложении условия цилиндричности по пятой координате лагранжиан единой теории, как известно, может быть представлен в виде суммы четырёхмерной скалярной кривизны и некоего аналога квадрата тензора электромагнитного поля. Полевые уравнения в этом случае распадаются на аналоги уравнений гравитационного поля и второй пары уравнений Максвелла. Мы рассмотрим здесь, как наиболее предпочтительный, вариант с сигнатурой $(+----)$ и переменной диагональной компонентой 5-метрики, связанной с неким фундаментальным скалярным полем $\varphi = \sqrt{-G_{55}}$ (этот случай, назовём его теорией со скалярным полем, даёт значительно более широкие возможности для построения единой пятимерной теории поля). В этом случае уравнения поля включают в себя, с одной стороны, систему уравнений Эйнштейна–Максвелла, но при этом мы дополнительно ещё получаем и уравнение типа Клейна–Фока–Гордона для фундаментального СГТ φ . Надо отметить, что это уравнение неоднозначно и может иметь различный вид, если учитывать комбинации его со свёрткой уравнений гравитационного поля. Кроме того, полученные уравнения могут менять свой вид, если мы будем рассматривать варианты теории с конформным отображением двух римановых пространств с неким конформным фактором $\sigma(\varphi): \tilde{V}_5 \rightarrow \sigma(\varphi) \otimes V_5$. Можно показать, что для определённого вида конформного фактора: $\sigma(\varphi) = \varphi^2$ обычный вектор Киллинга вдоль пятой координаты переходит в конформный вектор Киллинга [7].

Представляет также интерес $(4+1)$ -редукция пятимерного уравнения геодезической линии в данном варианте единой теории, которая опирается на неизотропный пятимерный интервал. Мы получаем систему из двух уравнений, первое из которых даёт нам интеграл движения, связанный с электрическим зарядом Q_0 пробной частицы, что приводит к правильному выражению для силы Лоренца во втором уравнении. Кроме того, мы получаем в данном уравнении 4-градиент новой величины, которую разумно будет интерпретировать как обобщённую массу покоя заряженной пробной частицы. Здесь под обобщённой массой покоя $\hat{m}_0$ мы понимаем пятимерное обобщение обычного понятия лоренцевской релятивистской массы при «движении» пробной частицы вдоль пятой координаты [8; 9]. Таким обра-

зом, благодаря увеличению размерности на единицу, так же как это, как давно известно, происходит при переходе от трёхмерного пространства к четырёхмерному пространству-времени, мы получаем стандартное лоренцевское обобщение массы покоя пробной частицы. Легко показать, что подобный же лоренцевского типа фактор появится при каждом увеличении нашей размерности на единицу: $V_n \rightarrow V_{n+1}$. С философской точки зрения, этот факт, очевидно, является следствием закона о переходе количественных изменений в качественные. Обобщённая масса покоя при учёте вышеупомянутого интеграла движения в нашем пятимерном случае примет следующий вид (полагаем, что $Q_0 = n \cdot e$):

$$\hat{m}_0 = \sqrt{m_0^2 + \frac{Q_0^2}{4 \cdot k_0 \cdot \varphi^2}}. \quad (1)$$

Эта формула даёт возможность обобщить на пятимерный случай формулы механики релятивистской частицы, и в частности формулу для энергии покоя пробной частицы.

Формулу (1) можно представить, используя тригонометрические или гиперболические функции и вводя массовый угол, в более удобных для разных задач видах [10].

Кроме того, структура формулы (1) позволяет представить обобщённую пятимерную массу как модуль комплексной величины, что даёт надежду на установление связи пятимерия с квантовой теорией. При этом появляется возможность для разделения элементарных частиц на три группы. Например фотон тогда можно трактовать как комплексную безмассовую $(0; 0)$ -частицу, нейтрино – как частицу с вещественной массой $(m_\nu; 0)$, а тахион – как частицу с мнимой массой $(0; m_t)$.

Уравнение проекции геодезической на пространственно-временную гиперповерхность можно преобразовать, введя кроме 4-силы Лоренца ещё и новую скалярную 4-силу, которую мы предлагаем назвать 4-силой Бранса-Дике (СБД) [10]. В отличие от силы Лоренца эта сила зависит от заряда квадратично и поэтому носит кумулятивный характер. Ввиду этого отметим, что, несмотря на её малую величину, она может быть весьма значительной в космологических масштабах и поэтому претендовать на роль генератора так называемых тёмной материи и тёмной энергии. Эта сила присуща вообще всем теориям с переменной массой покоя. В данном случае такая сила у нас зависит от появившегося в пятимерной теории нового, назовём его здесь – скалярного гравитационного поля, и появляется она всегда и в так называемых скалярно-тензорных теориях гравитации, в первую очередь, из необходимости точно соответствовать принципу Маха, суть которого, как известно, заключается в следующем. По мнению Маха, как известно, инерциальная система отсчёта определяется распределением масс во Вселенной, а сила инерции, действующая на тело, есть результат гравитационного воздействия

на это тело удалённой материи, и инертная масса тела определяется всей материей во Вселенной [11]. При этом в различных вариантах (СТТ) нередко предполагается существование некоего гипотетического скалярного заряда, ответственного за взаимодействие со скалярным полем. В нашей пятимерной теории масса покоя пробной частицы также зависит от скалярного гравитационного поля, но в ней роль скалярного заряда, как видно из вышеприведённой формулы (1), оказывается берёт на себя «по совместительству» электрический заряд пробной частицы. В этом, видимо, проявляется некий общий «принцип экономии», присущий Природе. Поэтому становится ясно, что, скорее всего, искать в дальнейшем вышеупомянутый и не обнаруженный до сих пор скалярный заряд нет особого смысла. Кроме того, структура формулы (1) наводит нас на мысль, что истинно электрически нейтральные частицы четырёхмерны и отличаются лишь наличием или отсутствием массы покоя, как, например, фотон и нейтрино. Все остальные частицы, образующие в нашем мире видимую материю (а может быть, и тёмную тоже), включая и электрически нейтральные, являются, по-видимому, составными, то есть содержат в себе электрический заряд явно или в связанном виде, как, скажем, нейтрон. Это вытекает из выдвинутого нами [8] и кажущегося естественным требования выполнения принципа эквивалентности не только в гравитационном, но и во введённом в данном подходе новом фундаментальном скалярном гравитационном поле.

Перейдём теперь к следующей теме, связанной также с влиянием геометрии на физику. Как известно, ещё Риман в своей знаменитой лекции коснулся этого вопроса [12]. Затем об этом писал Клиффорд [13]. Поэтому возникла мысль рассмотреть пятимерные тождества Риччи, характеризующие пятимерную риманову геометрию и произвести их редукцию $V_5 \mapsto V_4$. В результате мы получаем первую пару уравнений Максвелла с правой частью, которая исчезает при наложении условия цилиндричности по пятой координате [10]. Переход от турбулентности к ламинарности для СТТ является, скорее всего, следствием макроквантового эффекта Казимира в пятимерной Вселенной, одного из многих возможных следствий возникающих в ней квантовых флуктуаций, проявлявшихся, как известно, на ранней стадии её эволюции, что и привело в конечном итоге к установлению цилиндричности нашего пространственно-временного Мира относительно пятой координаты, а в дальнейшем и к компактификации этой координаты. Как мы показали, анализируя пятимерные тождества Риччи [10], установление цилиндричности четырёхмерного пространства-времени относительно пятой координаты приводит к исчезновению скалярных вихрей и переходу от эпохи магнитных «монополь» к эпохе «электронов».

Всё это, по нашему мнению, чем-то очень напоминает фазовый переход 2-го рода в жидком гелии. Действительно, как и в жидком гелии, в скалярном «океане», заполняющем Вселенную, как показывает вышеприведённый анализ редуцированных пятимерных тождеств Риччи, сначала возникают вихревые возбуждения наподобие ротоннов, а затем, видимо, по мере постепенного остывания Вселенной, в этом скалярном «океане» устанавлива-

ется индуцированная цилиндричностью «ламинарность» и остаётся лишь аналог фононной составляющей этих возбуждений.

При этом, похоже, у скалярной субстанции, состоящей из квазичастиц бозонного типа, проявляются свойства сверхтекучести, что, как нам представляется, и приводит к обнаруженному недавно астрономическими наблюдениями всплеск сверхновых типа Ia процессу ускорения расширения Вселенной за последние 6–8 миллиардов лет. Это ещё раз даёт нам повод полагать, что данное скалярное гравитационное поле как-то связано с так называемой тёмной материей и, соответственно, тёмной энергией. В рамках пятимерной модели с метрикой, скажем, казнеровского типа [14] мы возможно сумеем оценить время, когда этот процесс начался и сравнить с полученными другим путём оценками этого времени. Заметим, что ряд работ, посвящённых проявлению эффекта Казимира в космологии для многомерных теорий [15], оказывается, что кривая для нормированного энергетического спектра скалярного «океана» очень напоминает аналогичную кривую для жидкого гелия. Таким образом, мы видим, что возможности пятимерной теории, вопреки сомнениям различных физиков, далеко не исчерпаны и имеют новые и интересные перспективы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вейль Г. Гравитация и электричество // Альберт Эйнштейн и теория гравитации: сб. – М.: Мир, 1979. – С. 513.
2. Калуца Т. К проблеме единства физики // Альберт Эйнштейн и теория гравитации: сб. – М.: Мир, 1979. – С. 529.
3. Klein O. Quantentheorie und fünfdimensionale Relativitätstheorie // Zeits. f. Physik. – 1926. – Bd. 37. – S. 895.
4. Vladimirov Yu.S. The unified field theory combined Kaluza's 5-dimensional and Weil's conformal theories // GRG. – 1982. – V. 14. – № 12. – P. 1167.
5. Владимиров Ю.С. Геометрофизика. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.
6. Тредер Г.-Ю. Теория гравитации и принцип эквивалентности. – М.: Атомиздат, 1973.
7. Алиев Б.Г. Сб. Тезисы докладов 8-й Российской гравитационной конференции «Теоретические и экспериментальные проблемы гравитации». – М.: Изд. РГА, 1993. – С. 1.
8. Алиев Б.Г. Поведение заряженных частиц в 5-мерной теории гравитации // Современные проблемы общей теории относительности, ИФ АН БССР. – Минск, 1979. – С. 154.
9. Aliyev B.G. Motion equations in the 5-dimensional unified field theory. Abstracts of the IX-th International conference on General Relativity and Gravitation. V. 3, GDR, Jena, 1980. – P. 679.
10. Aliyev B.G. The effective rest mass concept and magnetic monopole problem in 5D Theory, The Proceedings of the ICGAC-12, World Scientific. – Singapore, 2016. – P. 321.
11. Дикке Р. Многоликий Мах // Гравитация и относительность: сб. – М.: Мир, 1965. – С. 221.
12. Риман Б. О гипотезах, лежащих в основании геометрии // Альберт Эйнштейн и теория гравитации: сб. – М.: Мир, 1979. – С. 18.
13. Клиффорд В. Здравый смысл точных наук // Альберт Эйнштейн и теория гравитации: сб. – М.: Мир, 1979. – С. 38.

14. *Chodos A., Detweiler S.* Where has the fifth dimension gone? // *Phys. Rev. D* 21. – 1980. – P. 2167.
15. *Bolochov S.V., Bronnikov R.A.* On Nonlinear Multidimensional Gravity and the Casimir Effect, *G&C.* – 2016. – V. 22. – № 4. – P. 323.

FIVE-DIMENSIONAL UNIFIED FIELD THEORIES: NEW OUTLOOK

B.G. Aliev

The article, drawing on the achievements of recent years, analyzes new prospects of multi-dimensional generalizations of GR theory on the basis of the five-dimensional approach, their connection with scalar-tensor theories of gravitation, introduces an extended concept of the rest mass of test particle, which concept is related to the varying dimension of the Riemannian space, in which the analyzed particle moves. This concept leads us to the variability and, as quite possible outcome here, the complexity of a given rest mass and gives its functional dependence on a certain fundamental scalar gravitational field, which is generated by the component of the 5-metric, which also allows us to establish the relation between the five-dimensional approach and the Mach principle, as well as some other cosmological problems. The possible complexity of the generalized rest mass makes it possible to assume a relation between the five-dimensional approach and quantum theory. Under observation here is the reduction of five-dimensional Ricci identities, confirming that the obtained physical and geometric characteristics of the five-dimensional theory and the equations connecting them are, in the spirit of Clifford's ideas, a consequence of the Riemannian structure of our five-dimensional World and its four-dimensional space-time section. This allows a new look at the true origins of both pairs of Maxwell equations – at the issue of their, as it turns out, ostensible symmetry and the issue of the so-called, and still elusive, Dirac monopole. In addition, the analysis of the above-mentioned reduced Ricci identities shows that the process of transition to the cylindrical by fifth coordinate World is similar to the second-order phase transition, and the scalar "ocean", into which our World is apparently submerged, acquires a property similar to superfluidity, which sheds new light on how to understand the recently discovered effect of accelerated expansion of our Universe.

Key words: General relativity theory (GRT), five-dimensional theories of the Kaluza and Klein type (KKT), the scalar-tensor theories (STT), the scalar gravitational field (SGF), the Mach principle (MP), the Ricci identities (RIs), Bianchi identities (BIs), Maxwell's equations (ME), Dirac monopole (DM), Casimir effect (CE), topological second-order phase transition (TPT-2).