

ПАМЯТИ К.В.АНИСОВИЧА

**ВКЛАД К.В.АНИСОВИЧА В РАЗВИТИЕ
ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ И ГРАВИТАЦИИ**

А. В. Генк

Научно-образовательное объединение “Земля и Вселенная”, С.-Петербург, Россия

С о д е р ж а н и е

1. Работы по СТО	9
2. Работы по теории гравитации	11
Литература	14

Если попытаться охарактеризовать подход и интересы К.В.Анисовича в области теории относительности и гравитации одним словом, то это будет, по нашему мнению, слово “нетрадиционность” или “нестандартность”. Его никогда не привлекали классические, “общепринятые” теории и подходы. Наоборот, редкие, непопулярные, полузабытые идеи — вот его стихия. В конечном счете именно такой подход и привел Климента Владиславовича к идее создания нового журнала “Гравитация” по дискуссионным проблемам гравитационной физики, где основное внимание уделялось бы альтернативным, а не классическим вариантам теории, а также новым точкам зрения на старые проблемы. Его кредо было в убеждении, что истинность научной теории определяется не голосованием, не “общепризнанностью” или чьим-то пусть даже очень авторитетным мнением, а только всей совокупностью экспериментальных фактов и теоретических аргументов, даже если данной теорией занимается не 100 или 1000 физиков, а только 2 или 3.

Разумеется, работа только в альтернативных “неактуальных” направлениях практически закрывала для Анисовича путь к громкому успеху, широкому научному признанию в этой области. Но этот факт, видимо, его нисколько не волновал — известность и успех пришли к нему в области рентгеноспектрального анализа, работа же в теории относительности и гравитации привлекала его только с точки зрения своих чисто научных интересов и поиска истины. Такое беззаветное, абсолютно бескорыстное служение науке в наше прагматичное время — явление весьма редкое и является достойным примером для подражания.

Клименту Владиславовичу было ни занимать оригинальности, нестандартности мышления, и не заметить это было просто невозможно. Именно поэтому работы К.В.Анисовича появлялись и в солидных изданиях, он участвовал в работе ряда всесоюзных и международных конференций по теории относительности и гравитации. Перейдем теперь к краткому обзору его работ в этой области.

1. Работы по СТО

Уже первая работа К.В.Анисовича по СТО [1] была весьма нестандартной, и потому долго пробивала себе дорогу в печать — ряд ее положений не укладывались в “общепринятую” точку зрения. Но в конце концов она была опубликована в “Эйнштейновском сборнике-73”. Эта работа не потеряла актуальности и поныне, и в этом номере журнала она снова перепечатывается. Ряд ее положений впоследствии были уточнены и развиты Климентом Владиславовичем в [2].

Думается, читателю будет небезынтересно сравнить основные положения [1], отражающие передовое понимание СТО тех лет, и современное ковариантное понимание, изложенное в нашей работе [3]. Хотя работа [1], если судить по названию, посвящена обсуждению экспериментов, лежащих в основе СТО, но фактически Анисович анализирует в ней ряд принципиальных моментов СТО. Прежде всего автор показывает ошибочность весьма распространенного утверждения о том, что эксперимент якобы “доказывает” справедливость преобразований Лоренца как преобразований, связывающих координаты двух инерциальных систем отсчета. “Путем локальных измерений внутри каждой из движущихся относительно друг друга лабораторий и сопоставления результатов измерений *нельзя* получить преобразования координат между этими лабораториями”. Для этого, как указывает К.В.Анисович, необходимо с помощью этих 2-х систем отсчета (СО) измерить один и тот же волновой фронт (процесс), что до сих пор не сделано.

Далее (раздел II) Анисович указывает на возможность трактовки преобразований Лоренца не как переход к новой СО, а как переход к новым точкам пространства-времени при неизменной физической СО, т.е. как *группу движений* (инвариантности)¹. Подавляющее же большинство авторов и тогда (да и сейчас тоже!) считают само собой разумеющимся, что преобразования Лоренца с необходимостью связывают инерциальные СО реальных движущихся физических тел. Из этой трактовки преобразований Лоренца (как преобразований группы инвариантности) Анисович приходит к выводу о том, что СТО фактически эквивалентна требованию лоренц-инвариантности законов в одной физической СО, и далее останавливается на возможности опытной проверки этой инвариантности. Указывается, что эффект сокращения длин, получаемый из преобразований Лоренца (если их трактовать именно как преобразования СО реальных тел!) фактически до сих пор экспериментально не подтвержден. Обсуждается опытная проверка релятивистского замедления времени.

В разделе III показано, что использование линейного преобразования координат двух СО, отличающегося от преобразований Лоренца, эквивалентно изменению рецепта синхронизации часов и приводит к изменению длин и временных интервалов, которые становятся т.о. предметом соглашения².

Далее К.В.Анисович кратко формулирует важную мысль о допустимости использования в СТО и преобразований *Галилея* — в то время (да и сейчас тоже) крайне непопулярная в “общепринятой” СТО точка зрения. При этом Климент Владиславович придерживается той точки зрения, что речь идет только о вопросе удобства использования тех или иных преобразований (Галилея или Лоренца), а не о физике — ковариантность описания, вообще говоря, допускает любое из них. (Несколько иная точка зрения на этот вопрос рассмотрена в [3].)

¹Как показано в нашей работе [3], на самом деле речь идет даже не о трактовке, а о физике — преобразования группы симметрии и преобразования СО реальных физических тел — разные понятия!

²Это относится лишь к координатным величинам. Физически же измеримые длина и время не зависят от произвола в выборе координат [2, 3, 4].

В 1984–85 гг. Климент Владиславович прочитал цикл лекций по логическим аспектам СТО на семинаре “Философские проблемы современной физики” в Ленинградском отделении ин-та истории естествознания и техники АН СССР. Эти лекции стали основой большой работы [2] (фактически монографии), к сожалению труднодоступной (она вышла в виде депонента ВИНТИ), и потому практически неизвестной широкому кругу физиков. Безусловно, она заслуживает быть изданной в виде обычной книги, а не депонента. Работа [2] в ряде принципиальных моментов близка к [4], хотя и выполнялась совершенно независимо (при написании [2] Анисович даже не был знаком с [4], и узнал о ней только перед самым окончанием [2]).

Как указывает автор, причиной написания [2] явилось то, что традиционное изложение СТО, принятое в большинстве курсов, не только устарело, но и просто не соответствует современному пониманию. Ввиду большого объема работы [2] — более 200 стр. — мы не имеем здесь возможности сколько-нибудь подробно изложить ее содержание и остановимся только на некоторых узловых моментах. В этой работе К.В.Анисович, развивая основные положения [1], раскрывает следующие основные моменты СТО:

1. Ковариантность описания — допустимость в СТО любых систем координат.
2. Понимание (через п. 1) того, что с опытом всегда сопоставляются 4-скаляры, не зависящие от координат, и потому опыты не могут выбрать одни координаты как “верные” из других.
3. Понимание (через п. 2) того, что традиционные постулаты СТО, не опирающиеся на 4-скаляры (например, постулат о постоянстве координатной скорости света) не могут быть следствием опыта, и должны быть заменены на ковариантно формулируемые постулаты.
4. Понимание того, что метрический смысл может быть предан разным координатам, а отнюдь не только лоренцевым.

Как показывает автор, традиционное изложение СТО обычно полностью игнорирует все эти пункты, и более того — утверждается прямо противоположная точка зрения. А именно — что одни координаты (связанные преобразованиями Галилея) необходимо заменить на другие (Лоренцевы) — п. 1; что опыты якобы подтверждают именно лоренцевы (п. 2); что выбор традиционных постулатов также диктуется опытом (п. 3); что “истинный” метрический смысл имеют только лоренцевы координаты (п. 4). И при этом все эти неверные утверждения выставляются как наиболее специфические, революционные особенности СТО!

В работе [2], в отличие от [3, 4], в качестве исходного постулата теории, на основе которого действительно можно строить СТО, используется не постулирование геометрии пространства-времени Минковского, а модифицированное требование лоренц-инвариантности физических законов (вводимое обобщением лоренцевых преобразований на случай произвольной СО). В принципе, оба этих подхода эквивалентны, т. к. обобщенная лоренц-инвариантность всех физических законов сразу следует из структуры пространства-времени Минковского.

При обсуждении вопроса о синхронизации пространственно разнесенных часов, Анисович придерживается точки зрения, что эта процедура может быть установлена только путем соглашения. Таким образом, Климент Владиславович в этом пункте не соглашается с утверждением [4] о том, что в инерциальных СО синхронизация может быть однозначной, и целиком определяется выбором метрики. Автор показывает, что в самом общем случае для определения расстояний и промежутков времени в произвольной СО можно вводить т. н. 4-тензоры стандартного расстоя-

ния и времени: $dl^2 = l_{ik}dx^i dx^k$; $d\tau^2 = \tau_{ik}dx^i dx^k$, которые обобщают “монадный” метод задания СО. (Эти вопросы он кратко изложил также в докладе [5]).

Значительное место в [2] занимает изложение СТО в классических представлениях о пространстве и времени, использующих не преобразование Лоренца, а преобразование Галилея. Развивая предыдущую работу [1], Анисович показывает, что такое построение теории вполне допустимо, и не ведет ни к каким противоречиям и полностью описывает все релятивистские эффекты. Следовательно, эти эффекты отнюдь не являются специфическим следствием именно преобразований Лоренца двух инерциальных СО, а являются выражением лоренц-инвариантности законов (или структуры пространства-времени Минковского в нашем подходе [3]). При этом, как и в [1], Анисович считает, что речь идет только об *удобстве* (в т.ч. методическом) или соглашении использования тех или иных координат или преобразований, и что лоренцевы преобразования симметрии законов могут быть использованы и для связи инерциальных СО реальных тел наряду с галилеевыми.

В [2] также подробно рассмотрены различные формулировки принципа относительности и других постулатов СТО при традиционном ее изложении, дан их критический разбор.

Уже этот краткий перечень результатов работы [2] с нашей точки зрения убедительно показывает, что [2] является существенным вкладом в развитие современного ковариантного построения СТО. Наша работа [3] безусловно является продолжением, развитием идей Климента Владиславовича из [2].

2. Работы по теории гравитации

Климента Владиславовича Анисовича издавна привлекали различные модификации теории гравитации с дополнительным скалярным полем. Так, в работах [9, 11] рассматривается вариант ОТО с добавочным скалярным полем и показывается, что в такой теории может существовать сверхсветовой сигнал, переносящий информацию. При этом стандартный запрет СТО на $V > C$ исходя из принципа причинности не проходит, поскольку мы имеем либо один сигнал и 2-х наблюдателей в одной и той же 4-области пространства-времени, либо два сигнала, но в разных 4-областях. Впервые этот вопрос рассматривался К.В.Анисовичем в одном из приложений в [2].

В работах [12, 13] в рамках модифицированной ОТО со скалярным полем рассматривается вопрос о возможности нарушения сильного принципа эквивалентности. Как известно, этот принцип утверждает невозможность локально обнаружить отличие гравитационного поля от ускорения без использования эффектов, явным образом зависящих от тензора кривизны. Рассмотренный вариант теории заведомо нарушает сильный принцип эквивалентности и предсказывает сезонную неравномерность собственного вращения Земли, имеющуюся в действительности. Этот факт указывает на возможное нарушение этого принципа, в т.ч. и имеющего совсем другую природу, чем рассмотренную автором.

Интересен доклад К.В.Анисовича [8] в котором показывается, что ньютонов предел в ОТО фактически неявно опирается на введение фоновой плоской метрики $\gamma_{\mu\nu}$, что естественно в основаниях ОТО категорически отрицается (в отличие от релятивистской теории гравитации [4, 15], с самого начала базирующейся на метрике Минковского). При этом если фоновую метрику не вводить, то 4-х мерная формула Грина, необходимая для строгого получения слабого предела, приводит к дополнительной поправке в величине g_{00} и ньютонов предел строго обосновать не удастся.

Основным, стержневым направлением гравитационной физики, который всегда интересовал Климента Владиславовича, было построение теории гравитации, удовлетворяющей принципу Маха в эйнштейновской формулировке: “Все $g^{\mu\nu}$ — поле должно быть определено распределением и движением окружающих масс”. К.В.Анисовича никогда не удовлетворяло положение в теории гравитации (например, ОТО) при котором для получения решения одиночного тела требуется задание метрики на бесконечности в виде метрики Минковского, что, как он считал, фактически эквивалентно абсолютному пространству Ньютона. Принцип Маха требует, чтобы асимптотика метрики не задавалась бы “руками”, а получалась бы (включая правильную сигнатуру) в результате решения.

Долгое время Климент Владиславович строил маховскую гравитационную теорию в виде скалярно-тензорных обобщений ОТО. В 1-ом варианте теории (доклады [6, 7]) лагранжиан выбирался в виде $L = -\mu_0 + R/\kappa + a\varphi\mu_0 + b\varphi^n\varphi_{,\alpha}\varphi^{,\alpha} + k\varphi R$ где φ — скалярное поле, R — риманова кривизна, κ, a, b, k — постоянные. Показывается, что при определенном выборе постоянных в 3-х вариантах удается согласовать теорию с концепцией принципа Маха за счет нестатичности поля φ . Однако в сферически-симметричном решении для одиночного тела появляются добавочные к решению Шварцшильда члены. Требование достаточной малости этих членов (из оценки стандартных гравитационных эффектов в слабом поле) накладывает определенные условия на выбор констант в лагранжиане.

В следующей работе на эту тему [10] лагранжиан выбирается в виде $L = -8\pi\mu_0 + R/\kappa - A(\varphi)\varphi_{,\alpha}\varphi^{,\alpha}$, где $A(\varphi)$ — некоторая функция скалярного поля. При этом на поле накладывается, в отличие от [7], условие статичности. Правильная асимптотика метрики обеспечивается определенной нормировкой пространственного интеграла от функции скалярного поля. В [10] анализируется также 4-х мерная интегральная формула Грина, играющая важную роль при построении маховской теории; решение полевых уравнений теории для островного распределения масс; центрально-симметричное поле, а также формулировка классической механики с учетом принципа Маха.

Однако в этих вариантах маховской теории на образование метрики влияет не только распределение и движение окружающих масс, но и некоторое скалярное поле φ . Это значит, что рассмотренные теории удовлетворяют, по терминологии Анисовича, т.н. “слабому” принципу Маха. “Сильный” же принцип Маха предполагает, что метрика определяется только распределением и движением окружающих масс без необходимости привлечения каких-либо дополнительных полей.

Вариант теории, реализующий сильный принцип Маха — а именно ОТО, построенной с учетом требования этого принципа — предложен Анисовичем в его последней опубликованной работе [14]. Эта работа является в определенном смысле итогом длительных поисков маховской гравитационной теории, и она наиболее полно выражает его взгляды на эту проблему. Статья открывается подробным разъяснением сути принципа Маха в классической механике, в гравитационной теории вообще и в ОТО в частности. Показывается, что введение принципа Маха в ОТО возможно, если опираться на интегральные выражения $g_{\mu\nu}$ через источники поля — тензор энергии-импульса материи — с помощью 4-х мерной формулы Грина. Решения имеют вид интегралов по всему пространству; в этом случае в 1-ом приближении для поля $g_{\mu\nu}$ величины 2-го порядка малости при интегрировании по объему могут оказаться уже величинами 1-го порядка и должны следовательно учитываться при получении 1-го приближения для поля (тогда как при обычном “локальном” методе решения в 1-ом порядке эти величины автоматически отбрасываются).

Поскольку определение операции ковариантного интегрирования в римановом пространстве сталкивается с серьезными трудностями, то Анисович использует

обходной путь — проводит интегрирование в фоновом пространстве, построенном на основе системы отсчета наблюдателя с плоской метрикой Минковского. Автор подробно описывает ковариантное построение такой СО, что представляет несомненный самостоятельный интерес (прежде всего для биметрических теорий гравитации) вне связи с развиваемой им маховской теорией. Фактически, Анисович использует разложение вида $g^{\mu\nu} = \gamma^{\mu\nu} + \varphi^{\mu\nu}$, то есть вводит в развиваемую теорию элемент биметризма.

Далее К.В.Анисович получает условия выполнения сильного принципа Маха в виде зануления поверхностного интеграла на пространственной бесконечности от некоторых функций метрики и ее производных. Это условие, естественно, не согласуется с заданием “руками” асимптотики $g_{\mu\nu}$ в виде метрики Минковского. Используя эти маховские условия, автор далее вычисляет 1-е приближение для значения $g_{\mu\nu}(P)$ в произвольной 4-точке P при некоторых упрощающих предположениях, которые сводят маховские условия к определенной нормировке пространственного интеграла от временных производных компонент метрики. Показывается, что эта нормировка не противоречит современным космологическим данным. В результате К.В.Анисовичу удается с помощью интегральных выражений получить значения компонент метрики одиночного тела, соответствующих в 1-ом порядке обычному решению ОТО, включая и правильную сигнатуру метрики на бесконечности (которая в этой схеме не задается заранее).

Аналогичным путем автор находит значение недиагональных компонент $g^{0\varphi}$, связанных с вращением материи относительно СО наблюдателя. Далее Анисович показывает, что введение принципа Маха в ОТО позволяет из ее уравнений в качестве нерелятивистского предела получить уравнения классической механики в произвольной СО. Т.о. классическая механика формулируется без введения инерциальных СО, используя только относительные движения тел.

Однако необходимо отметить, что несмотря на совпадение решения, построенного К.В.Анисовичем в 1-ом приближении со слабым пределом решения Шварцшильда в ОТО, вариант маховской теории, рассмотренный им, в целом кардинально отличается от классической ОТО. Решение Шварцшильда как точное решение в данной теории не имеет места, поскольку задание асимптотики на бесконечности — метрики Минковского — здесь не допускается. Соответственно и все его следствия (в рамках ОТО) — в т.ч. черные дыры и т.д. — в маховском варианте теории должны быть пересмотрены. Этот факт, безусловно, резко ограничит число даже потенциальных последователей идей Климента Владиславовича в области маховской гравитационной теории. Увы, теперь уже и сам автор не сможет поддержать их развитие. Впрочем, ничто не проходит бесследно. Неоднократные выступления К.В.Анисовича на эту тему на семинарах по теории поля в ИФВЭ (Протвино) по нашему мнению и явились одной из причин того, что глава школы, развивающей РТГ, заинтересовался принципом Маха в рамках РТГ [15] (правда, пока без попыток количественной реализации этого принципа в теории). Возможно, значение маховской гравитационной теории, построенной Климентом Владиславовичем, будет в полной мере оценено в будущем.

Безвременная кончина Климента Владиславовича Анисовича оборвала его оригинальный и неповторимый путь в теории относительности и гравитации. Остались незавершенными ряд работ, в т.ч. развивающая маховскую гравитационную теорию большая работа “Галактика как маховский объект” и др. Климент Владиславович был без всякого преувеличения душой небольшого коллектива “гравитационистов” на семинарах по теории поля в Протвино. Я с благодарностью вспоминаю долгие часы дискуссий с Климентом Владиславовичем в Протвино, где мы всегда жили в одном гостиничном номере. Память о нем, его идеи останутся жить в сердцах его

коллег, всех, кто его знал. И наверное, лучшей памятью о Клименте Владиславовиче будет созданный им журнал “Гравитация”, открытый для научной полемики и дискуссий, не замкнутый в узких рамках традиционных подходов или каких-то пристрастий членов редакции (но с другой стороны — и это тоже всегда им подчёркивалось — отнюдь не открытый для любой “патологии”). Сохранить этот дух нового журнала — дело чести его последователей.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Анисович К.В.* “К экспериментальным основаниям специальной теории относительности” — в кн. “Эйнштейновский сборник-1973” М.: Наука, 1974. С. 360–395. (перепечатка в настоящем выпуске журнала “Гравитация”, С. 32–54).
2. *Анисович К.В.* “Логические аспекты, принципы и методология специальной теории относительности”. Л., 1987. Депонент ВИНТИ, №8156-В87.
3. *Генк А.В.* // Гравитация. Т. 3, вып. 1, 1997. С. 55–75.
4. *Логунов А.А.* “Лекции по теории относительности и гравитации (современный анализ проблемы)”. М.: Наука, 1987.
5. *Анисович К.В.* “Ковариантное описание и свобода выбора метрических координат”. Тезисы доклада 7-й всесоюзной гравитационной конференции. Ереван, 1988. С. 11–12.
6. *Анисович К.В.* Тезисы доклада 6-й всесоюзной гравитационной конференции. М., 1984. С. 283.
7. *Анисович К.В.* “Скалярно-тензорная теория гравитации и принцип Маха”. Тезисы доклада 7-й всесоюзной гравитационной конференции. Ереван, 1988. С. 148–149.
8. *Анисович К.В.* “Фоновая геометрия как условие получения ньютонова предела в ОТО”. Тезисы доклада 8-й российской гравитационной конференции. М., 1993. С. 9.
9. *Анисович К.В.* “Сверхсветовой информационный сигнал в гравитационной теории”. Тезисы доклада 8-й российской гравитационной конференции. М., 1993. С. 10.
10. *Anisovich K.V.* “Scalar-tensor gravitational theory satisfying the Mach’s principles”, — в кн. “Проблемы физики высоких энергий и теории поля (труды XII семинара)”. М.: Наука, 1990. С. 59–72. (перепечатка русского перевода в настоящем выпуске ж-ла “Гравитация”, С. 15–25).
11. *Anisovich K.V.* “The Relativistic Superlight Signal Carrying Information”, — в кн. “Проблемы физики высоких энергий и теории поля (труды XIV семинара)”. М.: Наука, 1992. С. 57–64 (перепечатка русского перевода в настоящем выпуске ж-ла “Гравитация”, С. 26–31).
12. *Anisovich K.V.* “A consideration of the Possibility of Detection the Strong Principle of Equivalence Breaking”, — в кн. “Проблемы физики высоких энергий и теории поля (труды XV семинара)”. Протвино, 1995. С. 27–35.
13. *Анисович К.В.* “К возможности обнаружения нарушения сильного принципа эквивалентности”. // Гравитация. Т. 1. Вып. 1 (1995) С. 59–65.
14. *Анисович К.В.* “Общая теория относительности с учетом принципа Маха”. // Гравитация. Т. 2. Вып. 1 (1996). С. 38–64.
15. *Логунов А.А.* “Релятивистская теория гравитации и принцип Маха” Препринт ИФВЭ, № 95-128. Протвино, 1995. *Logunov A.A.* “Classical gravitational field theory and Mach principle” — в кн. “Проблемы физики высоких энергий и теории поля (труды XVII семинара)”. Протвино, 1995. С. 1–25.