

Конец общей теории относительности**Р. Ф. Полищук**

*АКЦ (Астрокосмический центр) ФИАН
Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН
Россия, 119991, Москва, Ленинский пр., 53*

Рассматривается теория Эйнштейна–Картана как естественное развитие общей теории относительности. Космологическая постоянная связывается со струнными добавками для мира де Ситтера планковской плотности перед Большим Взрывом. Предполагается, что этот мир имел вид атома Леметра с массой Метагалактики и размером 10^{-13} см. Большой Взрыв связывается с переходом топологических энергетических струнных мод в осцилляционные. Предлагается гипотеза фридмонов как частиц тёмной материи с массой примерно миллиард ГэВ, связанных с группой симметрии, дуальной группе слабых взаимодействий.

Ключевые слова: теория Эйнштейна–Картана, струнная космология, тёмная материя, дуальная симметрия, атом Леметра, фридмоны.

1. Введение

Яков Петрович Терлецкий (1912–1993), столетию со дня рождения которого посвящена данная конференция Российского университета дружбы народов, всегда любил преодолевать границы существующих физических теорий и развивать их в новых неожиданных направлениях. Оправданием этому служит то, что каждое научное понятие имеет предел применимости, а всякая система научных понятий внутренне противоречива, парадоксальна. Почему? Потому что наука есть развивающееся понятие, и достижение пределов применимости старого понятия требует рождения нового понятия, которое может сопровождаться глубоким смысловым преобразованием всей научной картины мира.

Напомним, что теория относительности была деформацией (деформация теории есть её включение в семейство) 10-параметрической группы симметрии структуры Галилея ньютоновой механики в 10-параметрическую группу Пуанкаре с параметром деформации $1/c$, где c — скорость света, а квантовая механика — это деформация механики классической с параметром деформации в виде постоянной Планка. Теория суперструн дополняет группу Пуанкаре до 14-параметрической группы добавлением двух комплексных грассмановых переменных, перемешиваемых действием расширенной группы преобразований с четырьмя обычными координатами мировой точки. Уже со времён Минковского (1908) физика из суммы физики времени и физики пространства превратилась в физику событий, в рамках которой время и пространство — только тени 4-мира событий, не имеющие смысла по отдельности. Перемешивание координат времени, пространства и грассмановых переменных означает, что они теряют абсолютный смысл по отдельности. То, что собственными значениями оператора Казимира в нашей Метагалактике, примерно описываемой метрикой де Ситтера, является комбинация массы и спина (ведь группа де Ситтера изометрий комплексной 4-сферы есть группа только вращений и не допускает постоянных трансляций группы Пуанкаре и перемешивает компоненты импульса с компонентами углового момента и спина), означает, что в мире де Ситтера понятия массы и спина теряют смысл по отдельности. Это требует наряду с геометризацией гравитации в виде кривизны мира событий геометризовать также спин с помощью торсионного поля (кручения связности) Картана, деформировать, развить общую теорию относительности Эйнштейна в теорию Эйнштейна–Картана [1–3]. Общая теория относительности унаследовала от механики Ньютона понятие материальной точки с бесконечной

плотностью её материи и с бесконечной угловой скоростью вращения как предела вращающегося физически малого тела при его сжатии в точку. Но в момент импульса входит векторное произведение его на радиус-вектор вращения. Если мы в теории Эйнштейна–Картана стягиваем этот радиус в точку, то получаем нулевой момент импульса и нулевой спин: в данной теории частица со спином не может быть полюсом первого порядка, как материальная точка с её гравитационным потенциалом (кстати, понятие расстояния точно определено только для нульмерной окружности – для пары точек как границ одномерного диска, отрезка). Но частицы со спином существуют. Это означает, что для их естественного описания требуется переход от общей теории относительности Эйнштейна к теории Эйнштейна–Картана с добавлением к 10 уравнениям Эйнштейна 6 дополнительных уравнений с несимметричным тензором энергии–импульса, включающим спин источников.

Как пишет Дж. Уилер [4], «объект, являющийся центральным во всей классической общей теории относительности, — четырёхмерная геометрия пространства–времени — просто не существует, если выйти за рамки классического приближения. Эти рассуждения показывают, что концепции пространства–времени и времени не являются первичными понятиями в структуре физической теории Нет пространства–времени, нет времени, нет ничего до, нет ничего после. Вопрос что случится “в следующий момент”, лишён смысла». Заметим, что даже квантовая логика (а ведь мы живём в квантовом мире, частью которого является мир классический как его приближённая обращением параметров деформации теории в нуль картина) отлична от привычной всем аристотелевой булевой логики.

Действительно, возьмём три логические переменные для описания одномерного движения свободной квантовой частицы, занимающей в импульсном представлении бесконечную прямую линию: A («частица движется слева направо»), B («частица локализована на интервале $(-1, +1)$ »), и C («частица локализована вне интервала $(-1, +1)$ »). Операцией умножения считаем конъюнкцию «и», операцией сложения — дизъюнкцию «или». Тогда $B + C$ означает локализацию частицы на всей прямой с функцией истинности, равной 1, но функция истинности для логических переменных B, C равна 0. Если квантовая логика дистрибутивна, то $A(B + C) = AB + AC$. Но подстановка функций истинности приводит к противоречию: $1 = 0 + 0 = 0$. То есть то что «частица движется слева направо и локализована на всей прямой» не то же самое, что «частица движется слева направо и локализована на интервале $(-1, +1)$ или движется слева направо и локализована вне интервала $(-1, +1)$ ». На макроуровне можно пояснить ситуацию примером физика и специалиста по квантовой логике Андрея Анатольевича Гриба (частное сообщение): в одном городе (других городов нет) по условиям задачи две банды (других банд нет) и один банк. Банк оказался ограбленным одной бандой. Тогда при использовании недистрибутивной логики из того факта, что первая банда не грабила банка, нельзя заключить, что грабила вторая банда. По закону Аристотеля исключённого третьего кроме второй банды ограбить банк было некому. Когда мы говорим в рамках квантовой механики о дуализме волна–частица, следует помнить, что (1) дуализм логически несостоятелен (ведь если два различных абсолютных начала дуальной логики как-то друг с другом соотносятся, то эти начала предполагают общее пространство их встречи и сравнения или даже взаимодействия, то есть они не абсолютны, но относительны) и что (2) частица — это вообще не «волна или частица» или «волна и частица», но нечто третье, не подвластное дистрибутивной формальной логике. Аналогично (по рассуждению Эрнста Маха) молекула воды — это не водород и кислород: последние получаем, когда воды уже нет, когда вода разлагается и перестаёт быть водой — целое несводимо к своим частям. Например, все части живого тела — это просто части единого мозга, а, скажем, обретающие смысл как взятые по отдельности конечности имеются только на операционном столе и у трупа. Вот и время, пространство, масса, спин, гравитация (вне модели единого физического взаимодействия) сами по себе не имеют целостного смысла. *Развитие физики есть развитие её единого смыслового стержня.*

2. Границы общей теории относительности

Общая теория относительности превратила геометрию мира событий в динамический параметр теории, в геометродинамику. Её ареной является суперпространство Уилера динамически изменяющихся трёхмерных геометрий [5]. Гладкую 3-геометрию можно аппроксимировать скелетной 3-геометрией, построенной из тетраэдров, набор которых может быть задан точкой в пространстве, размерность которого равно числу рёбер (их тем больше, чем точнее аппроксимация) всех тетраэдров. Если 3-геометрия отвечает мгновенному состоянию Метагалактики, то её эволюция меняет длины рёбер, и уравнения Эйнштейна описывают геодезическую в суперпространстве. В квантовой геометродинамике она размыта квантовыми флуктуациями в масштабах планковской длины. В силу принципа неопределённостей, точно задав 3-геометрию в один момент времени, мы ничего не можем сказать о скорости её изменения в другой момент, о полевом геометродинамическом импульсе, то есть не можем определить внешнюю кривизну, задать данные Коши в виде функций и их ростков на начальной гиперповерхности Коши. Невозможность придать разумный смысл «детерминированной классической истории пространства, эволюционирующего во времени», говорит Уилер, означает, что *пространство–время невозможно предсказывать, следовательно, пространство–время не имеет смысла*. Но, задав пространство–время, можно построить лист истории, пересекающий суперпространство. И наоборот, задав лист истории, можно с точностью до квантовых флуктуаций восстановить пространство–время.

Математически понятие прямой или точки эквивалентно понятию пучка плоскостей, инцидентных, соответственно, данной прямой или точке. Точно так же понятие события эквивалентно понятию пучка инцидентных ему 3-геометрий. Здесь понятие события можно считать вторичным, а понятие 3-геометрии — первичным. Размерность и сигнатура каждой 3-геометрии (3-поверхности, заданной с точностью до координатных диффеоморфизмов) равна трём: $(+++)$. Мы видим, что квантовая размерность мира равна трём, а время — это словно номера сменяющих друг друга статичных трёхмерных кадров (в каком-то смысле мир можно считать перевозникающим с планковской частотой, что перекликается с космическими ритмами древнеиндийских мифов и с ежемгновенным пересозданием мира Творцом в средневековой суфийской философии).

Сведение Уилером макроскопической четырёхмерности мира с лоренцевой сигнатурой $(-+++)$ к его квантовой трёхмерности было серьёзным шагом вперёд. Но недостаток его — в нарушении равноправия координатного и импульсного базисов гильбертова пространства. Мы восстановили это равноправие расслоением поверхности Коши на двумерные плёнки. Тогда мы можем проследить эволюцию во времени одной плёнки, заметающей гиперповерхность с сигнатурой метрики $(-++)$, ценой утраты одной пространственной координаты, нумерующей плёнки. Из комбинации (суммы и разности при $c = 1$) двух равных соответствующим интервалам координат, нумерующих плёнки и моменты времени, можно получить два световых времени, не существующих одновременно в силу принципа неопределённостей. Но при одном световом времени можно поставить множитель, меняющий знак, скажем, с планковской частотой. Тогда можно считать реализующейся только флуктуирующую сумму указанных световых времён. В итоге получаем сигнатуру $(\mp++)$. Такова наша гипотеза флуктуирующей сигнатуры квантового пространства–времени [6]. Если считать некоммутирующими остальные две пространственные координаты, скомбинированные в две комплексно сопряжённые световые координаты, то квантовую размерность мира можно понизить с четырёх единиц до двух. Теория фракталов говорит, как флуктуирующее маломерие может рождать многомерие (скажем, одномерная кривая Пеано может заполнить квадрат и куб любой размерности), как граница может как бы превращаться в территорию. Например, можно считать, что во фьордах теоретически воображаемой Норвегии всюду рядом скалы и море, не смешиваемые друг с другом. Аналогичным образом комбинации направлений, идущих вдоль светового конуса, служащего границей между временными и пространственными

1-направлениями, могут с помощью флуктуирующего комбинирования заполнить всю территорию пространства и времени.

Новая физика обычно приходит с новыми ограничениями. В теории относительности (Эйнштейн считал более правильным называть её *Invariantentheorie*, теорией инвариантной 4-геометрии мира) скорость распространения всех физических взаимодействий ограничена скоростью света (и поэтому, скажем, продольное смещение одного конца жёсткого стержня не сразу вызывает смещение противоположного его конца, так что абсолютно жёсткие тела невозможны). Но скорость изменения расстояний может быть любой. Например, при зажигании спички скорость увеличения расстояния между правым и левым фотонами в системе отсчёта спички равна $2c$, а скорость разбегания близких геодезических в мире де Ситтера постоянной кривизны неограниченно растёт со временем, достигая скорости света на горизонте (у каждого наблюдателя этот горизонт свой), радиус кривизны которого равен радиусу кривизны мира де Ситтера. В риччи-плоском мире Шварцшильда скорость увеличения расстояния между внешним наблюдателем и наблюдателем, коллапсирующим в чёрную дыру, достигает скорости света на горизонте (при этом внешняя небесная полусфера для него схлопывается в антиапекс его движения с неограниченным красным смещением, то есть растворяется, исчезает) и становится далее сверхсветовой, так что сигнатура его системы отсчёта $(-+++)$ $\Rightarrow$ $(+-++)$. Если один член родившейся пары виртуальных частиц упал под горизонт, а другой улетел наружу (хокинговское испарение чёрных дыр), то для наружного и внутреннего наблюдателей разные частицы пары будут считаться реальными и, соответственно, виртуальными. Как известно, мировые линии виртуальных частиц могут иметь любую сигнатуру. Это говорит о важной роли виртуальной реальности не только в социуме, но и в остальной природе. В этом, в частности, видим различие прошлого и будущего: симметрия возможностей реализации какого-то варианта в ситуации «или-или» (даже выпадения какой-то стороны монеты) сочетается с асимметрией самого факта реализации только одного варианта.

3. Первичность световых образов в квантовой физике

Первичными образами квантовой теории относительности являются образы световые. Собственным значением квантового оператора скорости является только плюс-минус скорость света. Все элементарные частицы (скажем, электрон) рождаются безмассовыми (этот эвфемизм означает ненулевой 4-импульс нулевой 4-длины, где ненулевые масса и 3-импульс друг друга компенсируют в рамках единой 4-геометрии, справедливой там, где справедлива классическая общая теория относительности). Непрерывное взаимодействие электрона с бозоном Хиггса систематически меняет его 3-импульс на противоположный, и ломаная мировая нулевой длины линия электрона в зиг-заг представлении [7] даёт в среднем квантово размытую линию времени частицы с массой покоя, равной временной компоненте 4-импульса нулевой длины (в псевдоевклидовой геометрии квадрат гипотенузы равен разности квадратов компенсирующих друг друга временного и пространственного катетов — иначе время не отличалось бы от пространства).

Общая теория относительности есть хроногеометрия, и длина линии времени каждого наблюдателя задаётся по определению показаниями его стандартных часов: здесь показания реального прибора соединяются с теоретическим геометрическим понятием длины дуги мировой линии (а локальное пространство как ортогональная линии времени гиперплоскость набирается из одновременных для данного наблюдателя событий). Время воображаемого светового наблюдателя равно нулю, так что его путешествие от Земли до квазара на расстояние 10 миллиардов световых лет и возвращение (на постаревшую на 20 миллиардов лет Землю) происходит мгновенно. Но преодоление нулевого расстояния (в световой системе отсчёта) за нулевое время нельзя считать движением — это исходное световое состояние. При этом расстояние до квазаров впереди и позади равно нулю —

ведь скорость светового наблюдателя входит в вырожденное лоренцево преобразование интервалов времени и пространства в квадрате. Передняя и задняя небесные полусферы, стягивающиеся из-за релятивистской абберации света в апекс и антиапекс движения наблюдателя, отличаются, соответственно, неограниченным красным и голубым доплеровым смещением, и при повороте назад существующий и исчезнувший полумиры светового наблюдателя меняются местами.

Мы видим, что первичность световых образов влечёт вторичность понятий движения, массы покоя, скорости (и ускорения), покоя (это суперпозиция световых состояний, «движений», «стоячая волна»): в релятивистском квантовом фундаменте мира нет движения, скорости, ускорения, массы покоя по Ньютону (количества вещества), нет самой булевой логики макромра. Сегодня обобщается также само понятие точечного события, мировой точки — до понятия браны произвольной размерности: 0 (точка), 1 (линия, струна), 2 (плёнка, мировой лист струны), 3 (3-геометрия) и так далее. Точка бесструктурна и нефизична (в физике говорят о физически бесконечно малом объёме как о приближённом образе реальности), и никакой набор точек не может самоорганизоваться в какую-либо физическую структуру (у Платона организующим началом стала Идея, у Гераклита Логос, у Аристотеля — Ум-Нус, у суфиев — Творец, а Демокрит был вынужден приписывать атомам различные формы; концепция Спинозы, понимающего субстанцию как причину самой себя, элиминирует Творца и воспринята синергетикой). Сегодня синергетика трактует мир как самоорганизующийся динамический хаос, имеющий фазы хаотизации (в том числе и у социума) и фазы сплетения эволюций во временно самофокусирующийся единый жгут причинности, рождающий иллюзию детерминизма Лапласа (1749–1827) и идею абсолютной предопределённости Кальвина (1509–1564) (бифуркации превращают мир в океан ветвящихся возможностей, делая возможными понятия целеполагания, свободы и ответственности и превращая Вселенную и всю духовную историю человечества как одной из её ноосферных частей в единый ветвящийся процесс — с качественно различными закономерностями различных уровней членения единой структурирующейся реальности).

4. Необходимость перехода от метрики к тетраде

Переход от мира как суммы пространства и времени к миру событий можно считать переходом к $4 + 0$ его расщеплению на 0-мерные точки, а переход к тетрадам (в том числе световым, комплексным) — как переход к $1 + 1 + 1 + 1$ расщеплению. Тетраду (16 функций) можно считать квадратным корнем из метрики (10 функций). Извлечение квадратного корня даёт новые параметры. Например, нильпотентные матрицы являются ненулевыми корнями нулевой матрицы — именно необходимость извлечения ненулевого квадратного корня из нуля стало психологическим затруднением для введения грассмановых переменных, дополняющих алгебру коммутаторов антикоммутаторами. Одноиндексный спинор, отвечающий световому вектору в его спинорном представлении, можно считать корнем квадратным из вектора, имеющего двухиндексное спинорное представление. Уравнения Дирака с оператором Дирака первого порядка являются своего рода квадратным корнем из уравнений Клейна–Гордона–Фока второго порядка. При этом возникают частицы полуцелого спина. Спиновая связность [8] требует перехода от метрики к тетраде. Мы выше говорили о недостаточности дистрибутивной логики для квантовой механики и несостоятельности дуализма. Но и чистый монизм несостоятелен — он не дополняет единства сущности различием, не соединяет Единое и Иное, Многое (переход от одного иного к другому иному). У Гегеля тождество отлично от различия и тем предполагает, диалектически включает в себя и различие. Неслучайно у Платона Единое непознаваемо в его единстве — единое всегда есть единое многого, а многое мыслится только в его единстве (не случайно человек видит мир и мыслит его в терминах *инвариантов*,

определяемых через варианты и их диалектическое отрицание, через извлечение неподвижно-самотождественной сущности мирового многообразия). Своего рода «извлечение квадратного корня» из монизма даёт *протомонизм*: сущности не умножаются, как в дуализме и плюрализме, но переходят к предсущностям. Протомонизм (философская позиция автора данной статьи) позволяет понимать единство как *двуединство*. Если, скажем, понимать число как оператор («два» означает «удвой», «мнимая единица» — «придай единице направление и поверни её на прямой угол» и так далее), то «мнимая» единица приобретает более глубокий реальный смысл, чем просто единица: её кратное действие на себя рождает знак минус и обычную единицу. Обобщением числа является матрица, соединяющая единое и многое: комплексное число эквивалентно паре действительных чисел, кватернион — паре комплексных чисел, q -число квантовой механики эквивалентно бесконечномерной матрице, описывающей эволюцию физической системы как вектора гильбертова пространства (задание непрерывной функции определяется перечислением её значений в счётном множестве значений аргумента, то есть бесконечномерным вектором). Напомним, что у Пифагора, для которого *мир есть число и гармония*, единица не была числом, а была всегда числом именованным, той или иной конкретной реальностью (в отличие от первой аксиомы натуральных чисел: *1 есть натуральное число*), к которой другие числа приобщались через их соотношение с единицей.

Эвристически «квадратный корень» из 4-геометрии мира есть его $2 + 2$ расщепление, а «квадратный корень» из 2-геометрий даёт тетраду. Выбор тетрады есть выбор вакуума, не фиксируемый метрикой. Например, переход от плоской метрики Минковского к плоской метрике Риндлера реально означает придание ускорений континууму наблюдателей. Это возбуждает их датчики ускорений. Релаксация датчиков вызывает излучение частиц Риндлера в направлении движения с появлением реакции отдачи. Но поддержание постоянного ускорения требует затрат массы–энергии, изменяющих энергетику мира. В силу принципа Эйнштейна локальной эквивалентности гравитации и инерции мы можем считать, что в мире Риндлера нет ускорений, но есть гравитационное поле (а наблюдатели прежнего мира Минковского свободно в этом поле падают). Плотность гравитационного поля равна со знаком минус квадрату ускорения свободного падения, делённому на константу тяготения Ньютона с множителем 8π . Вакуум Риндлера отличен от вакуума Минковского преобразованиями Боголюбова. Имеется бесконечно много плоских вакуумов, фоновых вакуумов миров де Ситтера, Шварцшильда и так далее. Они различаются и видом метрики, где каждый координатный базис задаёт свою не ортонормированную систему отсчёта. Дело в том, что каждая теория имеет дело с инвариантами данной теории. В общей теории относительности такими инвариантами являются геометрические объекты, позволяющие по набору определяющих чисел и функциям перехода от одной локальной карты покрывающего данное многообразие атласа к другой локальной карте получить полный новый набор определяющих чисел (скажем, отдельная компонента нетривиального вектора или тензора — не геометрический объект). Поэтому все плоские метрики эквивалентны, но не эквивалентны вакуумы, задаваемые тетрадными полями как дополнительными инвариантными структурами на многообразии. Конечно, если у метрики выключить один индекс, она из тензора превратится в четвёрку 1-форм, а если выключить два индекса — в десятку скалярных полей. Тетрада может играть роль локальных координат (своих в каждой точке: ортогональные векторным линиям площадки не имеют, вообще говоря, огибающей гиперповерхности), но статус координат и тетрады, задающей эталоны длин и углов, задающей калибровку вакуума системы отсчёта, различен. Пример: нумерация домов вдоль улицы не связана с расстояниями между ними, она может быть любой и может изменяться. Но если номера домов отвечают их расстояниям от начала улицы, то изменение нумерации домов требует их переноса на новые места. Вакуум образован, видимо, световыми образами и «не чувствует» инерциального движения (ведь скорость света плюс любая скорость равна снова скорости света), а ускорения он «чувствует»: изменяется сила

ударов о невесомую воображаемую стенку частиц из рождающихся и снова аннигилирующих виртуальных пар световых частиц флуктуирующего вакуума. Но эти аргументы идут уже от квантовой физики. Что же касается классической общей теории относительности, то её недостатком как продолжением её достоинств является то, что она позволяет брать 4-многообразие с любой топологией (в том числе с машинами времени, кротовыми норами, свёрнутые в конусы и торы плоские и неплоские миры и так далее) и с любой гладкой метрикой, вычислять по ней тензор Эйнштейна и приравнивать его тензору энергии–импульса источника, каким бы экзотическим он ни был (отрицательные массы, фантомная материя и так далее). Остаётся надеяться, что квантовая гравитация отделит физические теории от нефизических. Что же касается мира Риндлера, то заметим, что его реализация должна предполагать наличие реальных источников как в окрестности бесконечности (вспомним, что прохождение пакета плоских гравитационных волн через мир Минковского вызовет однородное сжатие в плоскости ранее неподвижных пробных тел), так и на не покрываемых координатами Риндлера горизонтах событий (кстати, и на не покрываемых координатами кривизны горизонтах мира Шварцшильда в виде пересекающихся по 2-сфере Шварцшильда гиперцилиндров со световыми образующими могут быть застывшие фотоны любой массы, считающиеся материальными точками в гравитации Ньютона, где чёрные дыры тоже возможны).

Первичность световых образов влечёт первичность $2+2$ расщепления пространства–времени и вторичность привычного $1+3$ его расщепления. Диадному $2+2$ расщеплению отвечает наш диадный формализм [9, 10]. Если взять субэкстремальную гиперповерхность Коши, расслоенную на минимальные плёнки с единичной 2-формой площадей (обобщение линейчатой поверхности типа однополостного гиперболоида с прямолинейными образующими), то увидим, как две угловые переменные 2-метрики плёнок с единичным детерминантом определяют через уравнения связей расстояния между ними (и 3-метрику начальной поверхности Коши), через динамические уравнения определяют масштабные переменные метрики ортогонального семейства 2-плёнок и всю дополнительную 2-геометрию, то есть динамическая 2-геометрия в задаче Коши определяет всю 4-геометрию мира событий [11].

5. Необходимость введения в гравитацию кручения и теории струн

Необходимость геометризации всех физических взаимодействий привела к теории струн и бран (М-теория). Уже Эйнштейн пытался дополнить метрику антисимметричными компонентами, связываемыми с электромагнетизмом. Но только в нелинейной электродинамике Борна–Инфельда плотность лагранжиана записывается через определитель суммы метрики и электромагнитного тензора [12]. А переход от симметрической связности к несимметрической связности Картана позволил геометризовать спин: вакуум стал выглядеть словно кристалл (конденсат скалярных полей, то есть полей минимального нулевого спина многомерного мира с неточечными элементами), в котором частицы подобны дислокациям, квантам возбуждения вакуума в виде струн, и смещения стали подобны движениям по винтовым лестницам с размыканием замкнутых контуров общей теории относительности с её нефизичной бесконечной делимостью многообразия бесструктурных 0-мерных точечных событий: параллельный перенос по контуру вектора приводит не только к его повороту (за это отвечает риманова кривизна мира), но и к разрыву самого контура (за это отвечает кручение Картана). Вспомним, что однократный обход точки по краю склеенной в цилиндр ленты (с двумя окружностями-краями длины 1) приводит в ту же точку, а при склеивании ленты в ленту Мёбиуса (с одной граничной окружностью длины 2) переводит эту точку после единичного пути на другой край ленты, и только дополнительный единичной длины путь возвращает точку в начальное положение.

Похоже, что элементы вакуума имеют нетривиальную «закрученную» топологию с несимметричной связностью, а в теории суперсимметрии (М-теории) требуется для пространства–времени размерность 11. Дополнительные измерения отвечают дополнительным степеням свободы струн, различные резонансные моды колебания которых отвечают различным зарядам элементарных частиц, являющихся различными состояниями струны. Так новая физика по-новому соединяет единое и многое (так что не нужны вечные неизменные атомы Демокрита разных размеров и форм — мир структурирован не только в пространстве, но и во времени, он мерцает с планковской и/или иной частотой). Дискретность рождается тем, что выживают только резонансы. Например, при возбуждении скрипичной струны с непрерывным спектром возмущений выживает основной тон (с длиной полуволны натянутой струны с граничными условиями Дирихле), октава (с меньшей амплитудой), кварта, квинта и так далее. Нерезонансные частоты компенсируют друг друга: так хаос рождает порядок (по-гречески говоря, космос). При этом резонансы (особенности спектра возбуждений) имеют меру нуль. Напомним лемму Сарда в математике: особые множества имеют меру нуль. Например, на графике горизонтальной параболы при её вертикальном проектировании все точки горизонтальной оси имеют 2 или 0 прообразов, и только одна точка имеет один прообраз — это вершина параболы, где её одномерная касательная проектируется не в линию, а в точку. Особыми множествами являются, скажем, имеющие нулевой объём границы тел с границей, центр массы тела и так далее. При этом особые множества критически важны для анализа любых функций и физических ситуаций. Что касается пространственно-временного многообразия и открытых космологических моделей, то они уже потому только приближённо описывают физическую реальность, что, согласно Давиду Гильберту [13], актуальной бесконечности в природе вообще не существует (природа не успевает её наработать за конечное время, а при этом и само понятие времени не универсально). Таким образом, канторова иерархия бесконечностей (2 в степени бесконечность даёт бесконечность более высокого порядка) служит приближённым описанием соотношения сверхбольших чисел реального мира (например, живая природа естественно рождается естественным упорядоченным сверхусложнением неживой природы как структурно устойчивая конфигурация в эволюции Вселенной, имеющая меру нуль в математической идеализации, человек — смысловая сингулярность Вселенной [14]).

Введение связности Картана переводит 10 уравнений тяготения Эйнштейна в 16 уравнений Эйнштейна–Картана. Если в духе бисвязности Н. А. Черникова отделить симметричную связность от антисимметричной, равной связанному со спином тензору кручения, и оставить в левой части уравнений симметричный тензор Эйнштейна, а остальные члены перенести вправо, то получим эффективный тензор источников, плотность массы–энергии которого может быть отрицательной при неотрицательной плотности материи [1–3]. Это делает неприменимой теорему Пенроуза о неизбежной сингулярности внутри ловушечной поверхности. Уже из решения Копчиньского для уравнений Фридмана с поляризованной пылью [15] следует, что спин останавливает коллапс пыли на радиусе Картана. Для нуклона радиус Картана на 7 порядков больше планковской длины. 3-Объём ячейки Картана для фермиона спина $1/2$ примерно равен произведению квадрата планковской длины на комптоновскую длину частицы, характеризующую массу частицы и равную её размеру. Это не означает вытянутой формы ячейки Картана планковского сечения, поскольку умножение размера частицы на квадрат планковской длины означает в естественных единицах (ньютонова постоянная и скорость света единичны) деление характеристики массы частицы на планковскую плотность, что даёт объём ячейки Картана. Квантовым пределом плотности материи является планковская плотность. Умножение ячейки Картана для фермиона на эту плотность даёт минимальную массу чёрной дыры, образуемой коллапсом фермионной материи. Для нуклона она на 21 порядок превосходит планковскую массу. Это заставляет пересмотреть концепцию первичных чёрных дыр.

Переход от концепции массы в роли источника гравитации к *спинмассе*, которая является собственным значением оператора Казимира в мире де Ситтера (ведь массовая и спиновая компоненты спинмассы перемешиваются изометриями мира де Ситтера), позволяет рассматривать флуктуации струны как игру указанных компонент. Дэвид Гросс в своей лекции 13 мая 2006 года в Президиуме РАН (изложение есть на вебсайте www.elementy.ru) говорил, что струна хочет сжаться, но принцип неопределённостей ей этого не позволяет. Мы можем добавить, что масса стремится струну сжать, но малое на больших расстояниях действие спина на малых расстояниях превышает действие массы и растягивает струну (ведь момент импульса и спин имеют отталкивательный потенциал) до нового преобладания действия массы. Поэтому струна непрерывно флуктуирует, колеблется, испытывает световое дрожание. Отсюда может следовать и сам принцип неопределённостей.

Гравитация Эйнштейна является низкоэнергетическим приближением описания динамики физической системы высоких энергий. При этих высоких энергиях лагранжиан Гильберта-Эйнштейна в виде псевдоскаляра Риччи (оператор Ходжа превращает скаляр Риччи как 0-форму в 4-форму, пропорциональную 4-форме объёма) римановой кривизны мира событий должен быть дополнен, вообще говоря, бесконечным рядом с тензорами Римана с размерными коэффициентами типа степеней размера струны (эвристическое соображение: действие метрически и топологически самосопряжённого оператора де Рама в виде квадрата суммы внешнего дифференциала и кодифференциала на форму даёт сумму членов в виде действия даламбертиана и суммы с числом членов с тензором Римана, равным степени формы). Уже следующий после тензора Риччи член в виде произведения тензоров Римана даёт первую струнную добавку к обычному лагранжиану [16]. Для метрики де Ситтера струнная добавка имеет вид космологической постоянной. Таким образом, струнная добавка может быть источником тензора энергии-импульса вакуума. На сверхмалых расстояниях флуктуации метрики сравнимы с самой метрикой. Интуитивно можно считать, что имеем сразу много различных метрик (ведь при интерференции электронов в опыте с двумя щелями можно считать, что электрон проходит через обе щели, то есть имеет не одну траекторию), так что пара событий (если ещё применимо это понятие) «не знает» даже сигнатуры разделяющего их интервала. Поэтому выживает самый изотропный тензор энергии-импульса вакуума, пропорциональный метрике. Для него все 1-направления являются собственными, а сигнатуру он наследует от лоренцевой сигнатуры метрики. В силу свёрнутых тождеств Бьянки для уравнений Эйнштейна множитель при метрике постоянен (отсюда получаем известное уравнение состояния для вакуума). Положительную плотность массы-энергии вакуума можно получить из фейнмановского интеграла по путям. Этот интеграл является смысловым стержнем физики: сложение всех возможных эволюций физической системы (и не только вкладов всех возможных метрик на многообразии с заданной топологией, но и с суммой по всем топологиям, что может исключать сложные топологии типа машин времени и кротовых нор с большой характеристикой Эйлера для макротопологии) делает наиболее вероятной эволюцию с экстремумом действия. Самый однородный мир — мир де Ситтера (мир Минковского является миром де Ситтера с бесконечным радиусом кривизны, который не успевает возникнуть; да и для мира Минковского имеем определённое состояние и определённый нулевой импульс, что запрещено квантовой механикой). Для мира де Ситтера с отрицательной космологической постоянной и малым радиусом кривизны раздувание мира идёт вдоль пространства, а не времени, и мы имеем малые замкнутые линии времени противоположных ориентаций, которые компенсируют друг друга в интеграле по всем возможным путям. В этом смысле отрицательная космологическая постоянная квантово подавлена, и выживает только мир с положительной космологической постоянной. В струнной космологии рассматривают мир также с отрицательной космологической постоянной [12], считая, что имеем многократную ориентированную обмотку 4-плёнки пространства-времени вдоль времени, но это усложняет картину. В теории струн допускаются кратные браны

для описания спектра наблюдаемых частиц Стандартной модели. Но кратность (трёхкратность) здесь невелика, да и наблюдаемая космологическая постоянная положительна. Впрочем, время покажет, какой выбор сделала Природа около 14 миллиардов лет тому назад.

О пределе применимости понятия длины говорит не только квантовая флуктуация метрики на планковских масштабах, но и Т-дуальность струнной космологии, означающая эквивалентность бесконечно больших и бесконечно малых длин. Дело в том, что малые компактифицированные дополнительные измерения пространства создают топологические энергетические моды элементарных частиц, пропорциональные радиусу компактификации и числам намотки. Осцилляционные энергетические моды (обратная длина волны в естественных единицах) обратно пропорциональны размеру. При преобразовании инверсии (размер частицы отображается на квадрат длины струны, делённой на размер) топологические и осцилляционные моды меняются местами, но суммарная энергия физической системы не изменяется.

Допустим, что перед Большим Взрывом масса-энергия Метагалактики была представлена метрикой де Ситтера с космологической постоянной, отвечающей планковской плотности вакуума. Будем исходить из предположения Киржница и Линде [17, 18], что выполняется закон сохранения энергии-импульса совокупности вакуума и вещества. Расширение Вселенной позволяет предположить, что оно началось с состояния максимальной плотности материи. Обычные разговоры о начальной сингулярности и бесконечной плотности материи некорректны не только потому, что спин частиц (а ведь даже нулевой спин частиц можно считать парой спинов противоположной ориентации) не позволит материи коллапсировать в точку, но и потому, что квантовая механика не допускает плотности, превосходящей планковскую.

Полная масса Метагалактики превосходит планковскую массу по крайней мере на 61 порядок. Сжатая до планковской плотности материя Метагалактики имеет размер, на 20 порядков превосходящий планковскую длину, что на порядок превосходит размер нуклона. Мы можем назвать это гипотетическое начальное состояние Вселенной (перво)атомом Леметра. Это скорее не чёрная дыра Шварцшильда (размер первоатома равен его гравитационному радиусу, но нет внешнего пространства с асимптотически плоской окрестностью бесконечности, как у островной системы), но белая дыра де Ситтера (4-кривизна постоянна для этой комплексной 4-сферы в момент Большого Взрыва). Можно предположить, что Большой Взрыв был релятивистским фазовым переходом вакуума (в виде атома Леметра с огромным числом намоток на компактные измерения) в моды осцилляционные, в «свет». Этот переход мог выглядеть аннигиляцией струн-шлангов (в следующем приближении за одномерным приближением струны) противоположных ориентаций намоток: именно в 3-пространстве вероятно встреча и аннигиляция намоток струн-шлангов. Случайные флуктуации одновременно в трёх измерениях струн в сторону их увеличения могли запустить Большой Взрыв: недостаток энергии остальных мод струн не мог его остановить (конечно, это просто эвристическая гипотеза). Поэтому именно три измерения струн декомпактифицировались. Изменилось уравнение состояния вакуума де Ситтера на уравнение состояния материи излучения. Его плотность убывала как 4-я степень размера, и радиационная стадия расширения Вселенной естественно сменилась стадией вещественно-доминированной, где плотность убывает как 3-я степень масштабного фактора. Около пяти миллиардов лет тому назад постоянная плотность нового фонового вакуума де Ситтера, что на 123 порядка меньше плотности планковской (радиус кривизны мира увеличился на 41 порядок, площадь горизонта и энтропия выросли на 82 порядка, что отвечает разрывам струн с образованием множества частиц: ведь, например, разрыв струны в виде пары связанных глюонами кварков рождает пару струн), сравнялась с плотностью материи, и замедляющаяся фридмановская стадия расширения сменилась ускоренной деситтеровской стадией. Что касается стадии инфляции, то она возможна (для вакуума типа Коулмена-Вайнберга), но не обязательна.

Теперь обратимся к гипотезе частиц тёмной материи. Она похожа на тяжёлую пыль, взаимодействующую с обычной материей только гравитационно. Только гравитационно взаимодействуют частицы, относящиеся к дуальным группам симметрии. Поэтому можно предположить существование ещё не открытых симметрий групп, дуальных [7, р. 549], [19] известным группам Стандартной модели $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$, являющимся подгруппами исключительной группы Ли $E(8)$ (Георгий Львович Ставраки [20] считает $E(6)$ группой великого объединения взаимодействий). Возможно, группой объединения физических взаимодействий можно считать произведение $E(8)$ на дуальную ей группу [21].

Какую же частицу можно предложить на роль частицы тёмной материи? Известно, что масса средней звезды типа Солнца связана с массой нуклонов, дающих основной вклад в его массу, близкую массе чандрасекаровского предела для начала коллапсирования звезды в чёрную дыру. Количество нуклонов в звезде связано с соотношением параметров нуклона с параметрами планковской частицы, планкеона. Планкеон сам себе чёрная дыра: его гравитационный радиус и комптоновская длина волны, то есть размер, можно считать равными друг другу. Для других частиц их размер во столько раз больше планковского размера, во сколько раз их геометрический размер (половина гравитационного радиуса, равного 1 см для Земли и 3 км для Солнца) меньше планковской длины. Поэтому произведение указанных длин равно квадрату планковской длины.

Сколько нуклонов необходимо плотно упаковать для получения чёрной дыры? Радиус плотной упаковки должен быть во столько раз больше планковской длины, во сколько раз размер нуклона больше размера планкеона (это 19 порядков). В трёхмерном пространстве число нуклонов имеет порядок 10 в степени 57. Если умножить эту величину на массу нуклона, то получим примерную массу Солнца, а если умножим на геометрическую массу нуклона, то получим половину гравитационного радиуса Солнца. Она равна результату деления (после сокращения числителя и знаменателя на квадрат планковской длины) квадрата размера нуклона на размер планкеона.

Теперь предположим, что Метагалактика перед Большим Взрывом, превратившим атом Леметра в излучение и вещество Метагалактики, была своего рода звездой (Леметра), масса которой определена прежде всего массой частиц тёмной материи так, как масса обычной звезды определяется массой нуклона. Здесь мы исходим из предположения, что общая масса частиц, связанных с основной группой симметрии, равна таковой для дуальной группы симметрии. Важным фактом является то, что при переходе к дуальным группам симметрии точные и нарушенные симметрии меняются местами. Соответственно, меняется принадлежность частиц к стабильным и нестабильным состояниям. Для Стандартной модели стабильны частицы групп $SU(3)$, $U(1)$, а нестабильны частицы группы слабых взаимодействий $SU(2)$: вспомним, что нейтрон распадается на протон (это адрон), электрон и антинейтрино (это лептоны), то есть перемешивает частицы разных поколений. Но для дуальных групп стабильны только частицы группы, дуальной группе слабых взаимодействий — они-то только и выживают после Большого Взрыва. Это тяжёлые двухлептонные образования с удержанием типа кваркового [7].

Для оценки массы частицы тёмной материи, которую назовём *фридмоном* [21], будем считать квадрат её размера равным произведению размера атома Леметра (его размер на 20 порядков больше размера планкеона) на планковскую длину — по аналогии со случаем связи размера Солнца с размером нуклона. Получаем, что размер фридмона на 10 порядков больше размера планкеона и на 9 порядков меньше размера нуклона. Поэтому он ведёт себя в Метагалактике как точечная частица с массой порядка миллиарда ГэВ, то есть почти в миллиард раз тяжелее нуклона.

Различие случая понимания Метагалактики как *фридмонной звезды* (её геометрический размер на 41 порядок превышает размер атома Леметра — ведь первоначальный вакуум де Ситтера отдал почти всю свою массу-энергию расширяющейся Метагалактике) от случая обычной звезды заключается в том, что

сжатие звезды до её гравитационного радиуса вызывает её коллапс с образованием чёрной дыры. Но струнные добавки даже к метрике Шварцшильда имеют вид космологической постоянной – стоящая в знаменателе струнной добавки радиальная координата (в шестой степени) должна быть постоянной величиной в силу свёрнутых тождеств Бьянки для метрики Шварцшильда со струнными добавками. Поэтому описание сверххраненной Вселенной лучше связывать с метрикой де Ситтера, а не Шварцшильда: островная чёрная дыра Шварцшильда может образовываться только в результате конденсации рассеянной материи, которой ещё надо как-то возникнуть (правда, начавшую падать в чёрную дыру пылинку формально можно считать вылетевшей из белой дыры и на мгновение остановившейся, но при этом в начале её вылета действовала квантовая физика, подавляющая белую дыру Шварцшильда).

Итак, мы гипотетически связываем Большой Взрыв с релятивистским фазовым переходом вакуума (с аннигиляцией топологических энергетических мод скалярных частиц) в виде белой дыры мира де Ситтера с его максимально возможной планковской плотностью и с распадом единого взаимодействия на подгруппы симметрии с выживанием кварков и лептонов Стандартной модели и фридмонов, связанных с дуальной группой слабого взаимодействия. Возникшая материя ведёт себя, как дислокации кристалла в сильном электромагнитном поле, которые энергично разбегаются. Сопутствующая материи система отсчёта имеет вид гиперплоскостей — это плоские образующие мира де Ситтера (комплексной 4-сферы или действительного однополостного гиперboloида). Геодезически полный мир де Ситтера мы получим при его представлении не в виде семейства гиперплоскостей, но в виде семейства трёхмерных сфер.

6. Заключение

Если предложенная гипотеза ошибочна, то сами ошибки могут быть полезны при поиске верной физической картины мира. Здесь мы снова можем вспомнить Я. П. Терлецкого как типичного теоретика-диверсификатора (типа Нильса Бора и Дж. Уилера — в отличие от унификаторов типа Ньютона и Эйнштейна): попытка пошатать существующую физическую картину мира помогает установить, что в ней шатко, а что прочно.

Литература

1. *Kibble T. W. B.* Lorentz Invariance and the Gravitational Field // Journal of Mathematical Physics. — 1961. — Vol. 2. — Pp. 212–221.
2. *Sciama D. W.* Recent Developments in General Relativity. — Oxford: Pergamon Press, 1962. — Pp. 415–439.
3. *Polishchuk R. F.* Black Holes in the Einstein-Cartan Theory // Bulletin of the Lebedev Physics Institute. — 2011. — Vol. 38, No 2. — Pp. 52–58, 58–64. — In Russian.
4. *Мизнер Ч., Торн К., Уилер Д.* Гравитация. — М.: Мир, 1977. — Т. 3, 447 с. [Misner C. W., Thorne K., Wheeler J. A. Gravitation. — San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1973]
5. *Wheeler J. A.* Geometrodynamics and the Issue of the Final State / Ed. by C. DeWitt, B. S. DeWitt. — New York: Gordon and Breach, 1964. — 459 p.
6. *Полищук Р. Ф.* Гипотеза флуктуирующей сигнатуры пространства-времени // Восьмая Российская гравитационная конференция. — Пущино, Москва: 25–28 мая 1993. — С. 196. [Polishchuk R. F. Hypothesis of the Fluctuating Signature of the Space-Time // 8-th Russian Conference for Gravitation, 25–28 May 1993, Pushchino, Moscow. — P. 196]

7. Пенроуз Р. Путь к реальности, или законы, управляющие Вселенной. — М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007. — С. 912. [Penrose R. The Road to Reality. A Complete Guide to the Laws of the Universe. — London: Jonathan Cape, 2004]
8. Грин М., Шварц Д., Виттен Э. Теория суперструн. Т. 2. — М.: Мир, 1990. — 294 с. [Green M. B., Schwarz J. H., Witten E. Superstring Theory. Vol. 2. — Cambridge University Press, 1988]
9. Полищук Р. Ф.: Кандидатская диссертация / ГАИШ. — М., 1971. [Polishchuk R. F. Thesis of the candidate of physics-mathematics sciences. Sternberg Astronomical Institute, Moscow, 1971]
10. Полищук Р. Ф. Диадный подход к общей теории относительности // ДАН СССР. — 1973. — Т. 209. — С. 76–79. [Polishchuk R. F. Dyad Approach to General Relativity // Doklady of the Academy of Sciences of the USSR. — 1973. — Vol. 209. — P. 76–79]
11. Полищук Р. Ф. Гравитационное поле как двухмерная геометродинамика и диадные координаты // ДАН СССР. — 1987. — Т. 292. — С. 73–77. [Polishchuk R. F. Gravitational Field as a Two-Dimensional Geometrodynamics and Dyad Coordinates // Doklady of the Academy of Sciences of the USSR. — 1987. — Vol. 292. — P. 73–77]
12. Бартон Ц. Начальный курс теории струн. — М.: Едиториал УРСС, 2011. — 509 с. [Zweibach B. A First Course in String Theory. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology. Second Edition, 2009]
13. Гильберт Д. Познание природы и логика. Избранные труды. В 2-х т. — М.: Факториал, 1998. — Т. 1, С. 457–465. [Hilbert D. Naturerkenntnis und Logik // Naturwissenschaften, 1930. — S. 959–963]
14. Polishchuk R. F. Man as a Singularity of the Universe // Origin, Time and Complexity. Part 2. — Geneva, Switzerland: Labor and Fides, S. A., 1994. — Pp. 58–60.
15. Korpaczinski W. The Palatini Principle with Constraints // Bull. Acad. Polon. Sci., ser. Sci., math., astr., phys. — 1965. — Vol. 23. — Pp. 467–473.
16. Грин М., Шварц Д., Виттен Э. Теория суперструн. — М.: Мир, 1990. — Т. 1, 205 с. [Green M. B., Schwarz J. H., Witten E. Superstring Theory. Vol. 1. — Cambridge University Press, 1988]
17. Кирзениц Д. А., Линде А. Д. Релятивистский фазовый переход // ЖЭТФ. — 1974. — Т. 67, № 4(10). — С. 1263. [Kirzhnits D. A., Linde A. D. Phase Relativistic Transitions // ZhETPh. — 1974. — Vol. 101, Issue 4(10). — P. 1263]
18. Кирзениц Д. А. Труды по теоретической физике. В 2-х т. — М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2001. — Т. 2, С. 389–421. [Kirzhnits D. A., Linde A. D. Symmetry Behavior in Gauge Theorie // Ann. of Phys. — 1976. — Vol. 101, No. 1. — P. 195]
19. Chan H.-M., Tsou T. S. Fermion Generations and Mixing from Dualized Standard Model // Acta Physica Polonica B. — 2002. — Vol. 33, No 12. — Pp. 4041–4100. [Chan H.-M., Tsou T. S., Fermion Generations and Mixing from Dualized Standard Model // Acta Physica Polonica B. — 2002. — Vol. 33, No. 2. — P. 4041–4100]
20. Ставраки Г. Л. Модель пространства-времени как виртуально-полево́й структуры на локально-светоподобных причинных связях. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2008. — 128 с. [Stavraki G. L. Space-Time Model as a Virtual-Field Structure on the Local Null-like Causal Connections. — Moscow: LIBROCOM, 2008. — 128 p.]
21. Полищук Р. Ф. Гипотеза фридмонов как частиц тёмной материи // Международная конференция «Астрофизика высоких энергий — HEA-2011». — Москва: ИКИ, 13–16 декабря 2011. — С. 62–63. [Polishchuk R. F. Hypothesis of the Friedmons as Dark Matter Particles // International Conference “High Energy Physics” HEA-2011, 13–16 December 2011. Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 2011. — P. 62–63]

UDC 530.12:531.51

End of the General Relativity

R. F. Polishchuk

*Astronomical Space Centre of the Lebedev Physics Institute
53, Leninsky prospekt, Moscow, 119991, Russia*

The Einstein–Cartan theory as a natural generalization of the General Relativity is proposed. The cosmological term is connected with string additions for de Sitter world having Planck density before the Big Bang. Is proposed that this world was having the Lemaitre atom form with mass of modern Methagalaxy mass and the diameter 10^{-13} cm. We propose that the Big Ban is the result of the transforming of the topological energetical string modes into oscillations one. The hypothesis of Fridmon particles as particles of dark matter with masses near one billion GeV and corresponding to dualized weak interaction symmetry group is proposed.

Key words and phrases: the Einstein–Cartan theory, string cosmology, dark matter, dual symmetry, Lemaitre atom, Fridmon particles.