

Аналоги струн в динамической модели заряда, порождающей время и пространство*

А.П.Левич

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

apl@chronos.msu.ru; www.chronos.msu.ru

Элементарные объекты теории струн – не точечные частицы, а протяженные, одномерные, упругие объекты. Замена точечных корпускул одномерными струнами приводит к устранению противоречий между квантовой механикой и общей теорией относительности. Энергия внутренних колебаний струны связана с массой покоя, а поляризация – со спином частицы (Морозов, 1992). Создатели теории струн полагают, что она порождает спектр элементарных частиц как проявление различных типов колебаний струн и «топологический» механизм взаимодействий, обобщающий обменный механизм из квантовой теории поля, где взаимодействия в вершинах полевых диаграмм аналогичны «слиянию» или «расщеплению» частиц-струн (Green et al, 1986).

Уравнения теории струн сформулированы в изначально заданном неквантовом пространстве-времени. Другими словами, теория струн, конструируя частицы и взаимодействия, использует представления о времени и пространстве как исходные и не моделируемые самой теорией.

Хочу предложить качественную модель частиц-зарядов (Levich, 1995; Левич, 2007; 2008), которая позволяет описывать время и пространство как конструкты теории, сохраняя при этом преимущества, порождаемые протяженностью своих элементарных объектов. Предлагаемая работа не содержит строгих результатов. Она носит методологический характер, формулируя идеи для начальных этапов новой исследовательской программы (Левич, 2009а).

Постулаты модели

Заряды. Выражаясь лапидарно, заряды – это не корпускулы, а источники. Постулирую существование двух форм материи: 1) *вещества*, состоящего из частиц-зарядов, и 2) *субстанций*, состоящих из дискретных элементов. Представлю заряд парой (Q, f) , где Q – *источник* или *сток* субстанции, а f – *шлейф* из испущенных источником (поглощенных стоком) элементов субстанции (позволю себе для краткости изложения в дальнейшем говорить только об источниках, подразумевая, что сток определен как источник «противоположного знака»). Субстанции и вещество имеют различный бытийный статус: элементы субстанции не являются частицами-зарядами и, соответственно, частицами вещества, но потоки элементов субстанции, исходящие из источников, порождают заряды, формируют их свойства и механизм их взаимодействия.

* Работа поддержана грантом РФФИ №08-06-00073а.

Пространство. Совокупность нескольких зарядов назову *системой*. Совокупность шлейфов этих зарядов назову *пространством* системы, а элементы субстанции – *точками* этого пространства. Отмечу, что в модели и заряды, и пространство есть открытые по отношению к субстанциям, а не изолированные объекты мира.

Время. Элементы субстанции в шлейфе линейно упорядочены отношением *предшествования* (для любых элементов a , b и c выполняется: 1) если a предшествует или есть b и b предшествует или есть c , то a предшествует или есть c ; 2) если a предшествует или есть b и b предшествует или есть a , то a есть b и 3) либо a предшествует b , либо b предшествует a , либо a есть b). Под дискретностью элементов шлейфов понимаю наличие у каждого из них *соседнего* элемента по отношению предшествования (элемент b будет соседним с элементом a , если 1) a предшествует b и 2) не существует других элементов c таких, что a предшествует c и c предшествует b).

Появления элементов субстанции в системе буду отождествлять с *течением* в ней *времени*. Таким образом, исходящие из источников потоки элементов субстанции представляют собой *природные референты времени*. Предложенный постулат фактически несколько перефразирует утверждение И.Ньютона: "...я в нижеследующем рассматриваю не время как таковое, но предполагаю, что одна из предложенных величин, однородная с другими, возрастает благодаря равномерному течению, а все остальные отнесены к ней как ко времени. Поэтому по аналогии за этой величиной не без основания можно сохранить название времени. Таким образом, повсюду, где в дальнейшем встречается слово время (а я его очень часто употребляю ради ясности и отчетливости), под ним нужно понимать не время в его формальном значении, а только ту отличную от времени величину, посредством равномерного роста или течения которой выражается и измеряется время." (Newton, 1744).

Движение. Замены элементов субстанции в системе, не связанные с их появлением из источников, назову *метаболическим движением* системы. Определение «метаболическое» восходит к Аристотелю (Аристотель, 1981, с. 472), который, описывая изменение как движение в самом широком смысле, называл его «μεταβολη», т.е. изменение, перемена. Чтобы подчеркнуть модельный, а не онтологический характер метаболического подхода, буду также называть предложенные конструкции пространства и времени *метаболическим пространством* и *метаболическим временем*.

Метаболическое движение происходит не путем "раздвигания" элементов субстанции, а путем их замены в системе, а именно, путем "вхождения" в систему одних "точек" метаболического пространства и "выхода" других. Поскольку субстанция не взаимодействует с частицами-зарядами и, проникая в результате метаболического движения "сквозь" вещество, состоящее из этих частиц-зарядов, не вызывает эффектов трения и сопротивления (в обычном их понимании), то она не является эфиром XIX века, "обдувающим" тела или "увлекаемым" ими. В понятийном аппарате естествознания наиболее близкими к субстанции являются понятия пространства, поля, космического вакуума Эйнштейна-Глинера.

Типы зарядов. Допускаю существование субстанций нескольких типов. Они представляют собой несводимые друг к другу, невзаимозаменяемые сущности и порождают различные типы зарядов, взаимо-

действий и метаболических времен. Метаболическое пространство может объединять шлейфы субстанций различных типов. Назову *размерностью D метаболического пространства* количество типов субстанций в составляющих метаболическое пространство шлейфах.

Часы. Если система имеет размерность D , т.е. в ней присутствуют заряды (и субстанции) D типов, то и метаболическое время этой системы имеет D компонент. Выделим субстанцию некоторого типа (не оговаривая на данном этапе изложения мотивы выбора) и назовем процесс испускания элементов субстанции этого типа *эталонным процессом* для измерения метаболического времени.

Постулаты метаболического подхода задают линейное, дискретное отношение порядка на совокупности элементов каждого шлейфа. Существует стандартная процедура, позволяющая ввести на множестве с таким отношением порядка согласованное с ним расстояние ρ , согласованное в том смысле, что, если $a < b < c$, то $\rho(a,b) < \rho(a,c)$. Процедура состоит в постулировании расстояний между соседними элементами и суммировании этих элементарных расстояний на "пути" между несоседними элементами. Таким "естественным" образом отношения порядка порождают "свои" метрики.

Моментом метаболического времени, или *эталонным метаболическим событием* для заданной системы назову акт замены в этой системе элемента эталонного процесса.

Количеством моментов метаболического времени Δm между эталонными событиями назову количество замен элементов эталонного процесса между двумя соответствующими этим событиям моментами метаболического времени (это количество складывается из различных слагаемых $\Delta m = \Delta m^+ + \Delta m^-$, соответствующих появлениям элементов в системе и исчезновениям из нее).

Введу постулат существования *эталонного интервала метаболического времени (эталонной длительности)*. Буду говорить, что эталонный интервал между соседними событиями эталонного процесса есть число τ_0 , и называть его *периодом эталонного процесса*. Подразумевается, что выполнен *принцип императивности* для эталонного процесса: периоды между всеми соседними событиями эталонного процесса одинаковы.

Назову *эталонными метаболическими часами* тройку, состоящую из эталонного процесса, из счетчика элементов субстанции эталонного процесса («метаболического счетчика») и из периода τ_0 эталонного процесса. *Интервалом времени по метаболическим часам (интервалом, или длительностью метаболического времени) между метаболическими событиями эталонного процесса* назову число $\Delta t = \Delta m \tau_0$, где Δm – количество моментов метаболического времени, детектируемое метаболическим счетчиком между указанными событиями, и τ_0 – период эталонного процесса. Период τ_0 задает *единицы измерения метаболического времени*. Буду называть процесс равномерным, если интервалы метаболического времени между всеми его соседними элементами одинаковы, в частности, эталонный процесс обязательно равномерен. В зависимости от выбора эталонного процесса другой процесс может оказаться равномерным или неравномерным. Из-за дискретности субстанций дискретными оказываются и замены их элементов в системах, т.е. течение метаболического времени.

Линейки. По аналогии с эталонным процессом измерения метаболического времени введу *эталон измерения расстояний*. Постулирую существование *эталонного расстояния* λ_0 между соседними точками шлейфов *эталонной субстанции* и назову его *шагом эталона измерения расстояний*, подразумевая, что выполняется принцип императивности для эталона расстояния: шаги между всеми соседними точками эталона измерения расстояний одинаковы. Назову *эталонной метаболической линейкой* тройку, состоящую из эталона измерения расстояний, метаболического счетчика элементов и шага λ_0 . Принцип императивности постулирует равноудаленность друг от друга всех соседних "делений" на эталонной метаболической линейке. Назову *расстоянием по эталонной метаболической линейке (метаболическим расстоянием)* между двумя точками метаболического пространства эталонной субстанции число $\Delta s = \Delta l \lambda_0$, где Δl – количество точек метаболического пространства между указанными точками и λ_0 – шаг эталона измерения расстояний. Перемещением системы в метаболическом пространстве эталонной субстанции \mathcal{L} в результате метаболического движения назову величину $\Delta x = \Delta l \lambda_0$, где величина $\Delta l = \Delta l^+ + \Delta l^-$ складывается из величины Δl^+ – количества элементов из \mathcal{L} , вошедших в систему, и величины Δl^- – количества вышедших из системы элементов субстанции. Шаг λ_0 задает *единицы измерения метаболического расстояния*.

Эвристики модели

"Космологические" свойства зарядов. С каждым зарядом связаны числа – период τ и шаг λ . Для эталонных зарядов они заданы постулативно и возникают как единицы измерения длительностей и расстояний. Для остальных зарядов они представляют собой результаты измерения с помощью эталонных зарядов. Длительностью $\tau(i)$ между соседними событиями i и $i+1$ заряда \mathcal{F} следует считать длительность между синхронными (Левич, 2009а) с ними событиями из эталона измерения длительностей. Аналогично введены расстояния $\lambda(i)$ между соседними элементами субстанции i и $i+1$ заряда \mathcal{F} , если элементы субстанции из заряда \mathcal{F} совмещены с некоторыми элементами субстанции заданного эталона измерения расстояний.

Введу ряд дополнительных постулатов. Пусть для каждого заряда существует его *акт рождения*. Для произвольного заряда существуют метаболические события, состоящие в появлении элементов субстанции из его источника. Акт появления элемента субстанции в источнике буду называть *его актом настоящего* для заряда. Назову *мощностью заряда* количество элементов субстанции n , порожденных между актами рождения и настоящего. *Возрастом заряда* назову число $T = \sum_{i=1}^n \tau(i)$, где n – его мощность; индекс i нумерует элементы субстанции от акта рождения до акта настоящего; $\tau(i)$ – длитель-

ности между соседними элементами субстанции i и $i+1$. *Радиусом заряда* назову число $R = \sum_{i=1}^n \lambda(i)$, где n – его мощность; индекс i нумерует элементы субстанции от акта рождения до акта настоящего; $\lambda(i)$ – расстояние между соседними элементами субстанции i и $i+1$.

Назову *распределением плотности заряда \mathcal{F} относительно эталонного процесса \mathcal{T}* множество $\{\tau(i)\}_{i \in \mathcal{F}}$, где длительности $\tau(i)$ между соседними событиями флюэнта \mathcal{F} измерены по часам \mathcal{T} . Если флюэнт \mathcal{F} равномерен относительно эталонного процесса, то все длительности $\tau(i)$ одинаковы и названы периодом заряда \mathcal{F} . Соответственно, множество $\{\lambda(i)\}_{i \in \mathcal{F}}$ следует назвать *распределением плотности заряда \mathcal{F} относительно заданного эталона измерения расстояний \mathcal{L}* , где $\lambda(i)$ – расстояния между соседними точками флюэнта \mathcal{F} , измеренные метаболической линейкой \mathcal{L} (или шаг λ заряда, равномерного относительно эталона измерения расстояний). Поскольку выполняется $\sum_{i \in \mathcal{F}} \tau(i) = T_{\mathcal{F}}$ и $\sum_{i \in \mathcal{F}} \lambda(i) = R_{\mathcal{F}}$, где $T_{\mathcal{F}}$ и $R_{\mathcal{F}}$ – период и радиус заряда \mathcal{F} , то можно ввести нормированные распределения плотностей метаболического времени и расстояния.

$$\{\Psi_{\mathcal{F}}^{\tau}(i)\}_{i \in \mathcal{F}}, \text{ где } \Psi_{\mathcal{F}}^{\tau}(i) = \tau(i)/T_{\mathcal{F}} \text{ и } \{\Psi_{\mathcal{F}}^{\lambda}(i)\}_{i \in \mathcal{F}}, \text{ где } \Psi_{\mathcal{F}}^{\lambda}(i) = \lambda(i)/R_{\mathcal{F}}.$$

Тем самым, чтобы задать полное описание заряда (относительно заданных эталонов времени и расстояния), следует задать распределения $\{\Psi(i)\}_{i \in \mathcal{F}}$.

Заряды, порождая (или выводя в небытие) элементы субстанции, порождают и само метаболическое пространство (или "поглощают" его). Другими словами, субстанция зарядов может накапливаться (или тратиться) в мире. Если существуют только источники некоторой субстанции, но нет её стоков (или источники преобладают), то происходит только накопление субстанции соответствующего метаболического пространства. Про такой эффект накопления можно говорить как про *расширение метаболического пространства*. Расширение пространства сопровождают рост радиуса R и возраста T соответствующего заряда. В случае конечности радиуса R (и соответственно возраста T) о факте конечности можно говорить как об *ограниченности метаболического пространства*.

Следует различать изменения в системах за счет генерации (со "знаком плюс или минус") субстанции из источников внутри системы и изменения за счет "проникновения" в систему из внешней по отношению к системе "среды" или из системы в "среду". Под *средой* понимаю совокупность шлейфов зарядов, не входящих в систему. "Внутреннее" движение следует отождествить с явлением становления в мире, с расширением метаболического пространства и с процессом распространения элементов субстанции из источников, а "внешнее" метаболическое движение сделать предметом рассмотрения *метаболической кинематики*. Соответственно, следует различать метаболическое время системы, связанное с заменами элементов субстанции за счёт поступления их из источников (*собственное время системы*), и – связанное с заменами за счёт поступления элементов из среды (*время движения системы*). Возникает во-

прос об эквивалентности или неэквивалентности "внутренних" и "внешних" замен, т.е. о том, при каких условиях можно различать внутреннее и внешнее движение.

Отмечу, что определение "космологические" в заголовке раздела взято в кавычки не случайно: указанные характеристики зарядов и свойства пространства не связаны с "размерами" шлейфов. В зависимости от акта рождения заряда и величин периодов и шагов возраст и радиус могут оказаться любыми.

Квантовые свойства зарядов. Во многих задачах удобно выделять одно из эталонных событий o (одну из точек o эталона измерения расстояний) и называть его *началом отсчета метаболического времени (началом отсчета метаболического расстояния)*, а интервал между этим и некоторым другим событием a (точкой o и другой точкой a) называть *координатой времени t для события a (координатой расстояния x для точки a)*.

Пусть заданы три заряда: 1) заряд \mathcal{T} – эталон измерения времени с периодом τ_0 и выбранным началом отсчета, 2) равномерный относительно процесса \mathcal{T} заряд \mathcal{L} – эталон измерения расстояний с шагом λ_0 и выбранным началом отсчета, а также 3) соравномерный с \mathcal{T} и \mathcal{L} заряд \mathcal{F} с периодом τ и шагом λ . Рассмотрим событие с координатами (t, x) в прямом произведении метаболических пространств \mathcal{T} и \mathcal{L} . Бытие заряда \mathcal{F} можно выразить суждением: элементы шлейфа из \mathcal{F} существуют в точках метаболического пространства, в которых отношение x/λ есть целое число, и в моменты времени, в которые отношение t/τ есть целое число. То же суждение можно сформулировать с помощью характеристической функции заряда \mathcal{F} :

$$\chi_{\mathcal{F}}(t/\tau, x/\lambda) = \begin{cases} 1, & \text{если } t/\tau \text{ и } x/\lambda \text{ — целые числа;} \\ 0, & \text{если } t/\tau \text{ и } x/\lambda \text{ — не целые числа,} \end{cases}$$

которую назову *метаболической волной* заряда \mathcal{F} . В указанном смысле заряды в метаболической модели обладают волновыми свойствами.

Согласно модели, заряд «состоит» из источника и шлейфа элементов субстанции, образующего (вместе со шлейфами других зарядов) метаболическое пространство. И, если источник «точечен», то шлейф распределен во всем пространстве, точнее, он и есть само пространство. Таким образом, заряд как целое локализован не в «точке», а во всем пространстве. То же относится к временной протяженности заряда. Другими словами, **заряды нелокальны как в пространстве, так и во времени**, так как существуют не в отдельные, а во все моменты и во всех точках своего времени-пространства.

Рассмотрим *многокомпонентный заряд*, т.е. единственный источник и испускаемые им шлейфы субстанций нескольких типов. Для таких зарядов существуют дополнительные степени свободы в сравнении с "однокомпонентными" зарядами. Речь идёт о сдвиге фаз между испусканием элементов субстанции различных типов. Этот сдвиг может быть интерпретирован как спин частицы-заряда.

Таким образом, заряды в метаболическом подходе обладают свойствами, которые позволяют отнести их к квантовым, а не классическим объектам. Шлейф заряда, названный выше метаболической вол-

ной, во многом аналогичен волне де Бройля: корпускулярно-волновой дуализм заложен в саму конструкцию зарядов – источник субстанции "точечен", а шлейф протяжён и "волнообразен". Характеристическая функция заряда или распределения его плотности могут служить прообразами квантовомеханических вероятностных распределений. Заряды не локальны ни в пространстве, ни во времени. Многокомпонентные флюэнты обладают дополнительными степенями свободы – разностями фаз между пульсациями элементов субстанции различных типов. Характеристические функции или распределения плотности таких зарядов также многокомпонентны, что делает их подобными, например, спинорным (векторным, тензорным) волновым функциям квантовой механики для частиц с ненулевым спином.

Существенно, что заряды – квантовые, но не "микроскопические" объекты: количественные характеристики их шлейфов отвечают, скорее, космологическим, чем микроскопическим масштабам. Указанное отличие зарядов от традиционных предметов рассмотрения квантовой механики, конечно, не единственно, и понадобится согласование многих понятий в описании мира на метаболическом и квантовом языках (например, комплекснозначности амплитуд вероятности, выполнения принципа суперпозиции, смысла соотношения неопределенности, операторного представления физических величин, роли тождественности частиц и многого другого), чтобы подмеченная аналогия между метаболическими зарядами и объектами квантовой механики стала конструктивной.

Некоторые особенности квантовомеханического описания систем (например, существование принципа суперпозиции, операторный формализм) могут быть следствием "динамического характера" зарядов. Будем описывать состояние заряда какой-либо функцией от количества элементов в шлейфе, названного мощностью заряда. "Динамическим характером" названо абсолютное непостоянство его мощности: в каждый момент метаболического времени мощность заряда не такая, как в другие моменты, и это свойство связано с нелокальностью зарядов во времени (формальное описание "динамических множеств" следует вести на языке теории категорий и функторов (Левич, 1982; 2009б)). Поэтому, чтобы описать усредненное состояние за промежуток времени $T > \tau$, где τ – период заряда, необходимо учитывать суперпозицию всех его элементарных состояний, входящих в интервал T . Попытка "измерения" состояния, предпринятая в промежутке T , фиксирует одно из элементарных состояний суперпозиции. Указанное построение следует сравнить с подходом М.Х.Шульмана (2006), в котором элементарные состояния квантовых объектов по каким-то причинам принудительно сменяют друг друга около 10^{17} раз в секунду, что, по разъяснениям автора, объясняет и суперпозицию, и коллапс, и опыты со щелями для квантовых объектов. Необходимость операторного описания, понимаемого как расчет физической величины путем усреднения по отдельным состояниям системы, также может быть связана с нелокальностью квантовых объектов как в метаболическом пространстве, так и в метаболическом времени.

Заключение

Общими для зарядов и струн являются протяженность и наличие колебательных степеней свободы. Следует отметить и существенные различия между зарядами и струнами. Протяженность струн имеет

явно микроскопические масштабы: в различных подходах размеры струн варьируют от планковской длины до атомных размеров. Протяженность зарядов определена их мощностью и в зависимости от давности "акта рождения" может изменяться от микромасштабов до размеров Вселенной.

Различна и природа колебаний. Колебания струн – аналог механических стоячих волн, "точки" струны колеблются в заданном до и независимо от постулирования струн пространстве, колебания имеют квантованную амплитуду. Колебания в зарядах – пульсации, периодические появления элементов субстанции из источника.

Главное же, с точки зрения метаболического подхода, отличие – то, что для струн многомерное пространство-время задано независимо от их аксиоматики. Уравнения, описывающие струны, сформулированы в изначально заданном, неквантовом пространстве-времени. Метаболические заряды же сами порождают время и пространство.

Литература

АРИСТОТЕЛЬ. Сочинения в 4 т. Т.3. Физика. М.: Наука, 1981. 613 с.

ЛЕВИЧ А.П. Теория множеств, язык теории категорий и их применение в теоретической биологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. 190 с.

ЛЕВИЧ А.П. Моделирование природных референтов времени // Необратимые процессы в природе и технике. М.: МГТУ-ФИАН, 2007. С. 154-158.

ЛЕВИЧ А.П. Модель частиц, порождающая пространство-время и становление // Основания физики и геометрии. М.: РУДН, 2008. С. 153-188.

ЛЕВИЧ А.П. Моделирование природных референтов времени: метаболическое время и пространство // На пути к пониманию феномена времени: Конструкции времени в естествознании. Часть 3. Методология. Физика. Биология. Математика. Теория систем. М.: Прогресс-Традиция, 2009а. С. 259-335.

ЛЕВИЧ А.П. Моделирование "динамических" множеств // Необратимые процессы в природе и технике. М.: МГТУ им. Баумана, 2009. С. 43-46.

МОРОЗОВ А.Ю. Теория струн – что это такое? // Успехи физических наук. Т. 162. №8. 1992. С. 83-168.

ШУЛЬМАН М.Х. Время и квантовое поведение // http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/shulman_doklad.pdf, 2006.

LEVICH A.P. Generating Flows and a Substantial Model of Space-Time // Gravitation and Cosmology. 1995. V.1. №3. Pp. 237-242.

GREEN M.B., SHWARZ J.H., WITTEN E. Superstring Theory. V.1. Introduction. Cambridge, N.Y., New Rochelle, Melbourne, Sydney: Cambridge University Press, 1986. (Перевод: Грин М., Шварц Дж., Виттен Э. Теория суперструн. Т.1. Введение. М.: Мир, 1990. 518 с.)

NEWTON I.S. Methodus fluxionum et seriarum infinitarum // Opuscula mathematica, philosophica et philologica, t.1. Lausaannae et Genevae, 1774. (Перевод: Ньютон И. Метод флюксий и бесконечных рядов с приложением его к геометрии кривых // Ньютон И. Математические работы. М.-Л.: ОНТИ, 1937.)