Обобщение динамики частиц на случай произвольной геометрии пространства-времени

Ю.А.Рылов

Институт проблем механики, РАН
119526, Москва, Пр. Вернадского, 101-1
email: rylov@ipmnet.ru
Web site: $http://rsfq1.physics.sunysb.edu/\tilde{}rylov/yrylov.htm$
or mirror Web site:
$http://gasdyn-ipm.ipmnet.ru/\tilde{}rylov/yrylov.htm$

Аннотация

Учитывая прогресс в геометрии [1] и вводя адекватные релятивистские понятия динамики элементарных частиц, удается обобщить динамику элементарных частиц на случай произвольной геометрии пространства-времени. Использование адекватных релятивистских понятий позволяет сформулировать простую и наглядную динамику частиц.

Современную теорию элементарных частиц (ТЭЧ) обычно квалифицируют как физику элементарных частиц. Однако, более правильно квалифицировать ее как химию элементарных частиц. Дело в том, что по своей структуре теория элементарных частиц напоминает периодическую систему химических элементов. Обе концепции классифицируют частицы (хим. элементы). На основе этой классификации обе концепции успешно предсказывают новые частицы (хим. элементы). Обе являются аксиоматическими (а не модельными) концепциями.

Периодическая система химических элементов ничего не дала для исследования устройства атомов химических элементов. Не следует ожидать и от современной ТЭЧ указаний на то, как устроены элементарные частицы. Для этого необходим модельный подход к ТЭЧ.

Обычно простейшую частицу представляют себе как точку в конфигурационном пространстве. Этой точке приписывают массу и снабжают ее 4-вектором, который называется импульсом частицы. Можно еще приписать точке электрический заряд и другие характеристики. Совокупность всей этой информации образует нерелятивистское понятие частицы.

В последовательной релятивистской теории понятие частицы несколько иное. Простейшая частица определяется двумя точками P, P' в пространстве-времени. Вектор $\mathbf{PP'}$, образуемый этими точками, представляет собой геометрический импульс частицы, а длина $\mu = |\mathbf{PP}'|$ этого вектора образует геометрическую массу частицы. Геометрические масса μ и геометрический импульс $\mathbf{PP}'$ связаны с обычными массой m и импульсом $\mathbf{p}$ с помощью соотношений

$$m = b\mu, \qquad \mathbf{p} = bc\mathbf{PP}' \tag{1}$$

где b есть некоторая универсальная постоянная, а c есть скорость света.

Электрический заряд появляется в 5-мерной геометрии Калуцы-Клейна, как проекция 5-импульса на дополнительное пятое измерение, которое является выделенным направлением. В результате все характеристики частицы оказываются геометризованы. При этом свободное движение простейшей частицы в 5-мерном пространстве-времени, оказывается эквивалентным движению заряженной частицы в заданном гравитационном и электромагнитном полях пространства-времени Минковского.

Частица может иметь более сложную структуру. В этом случае частица описывается ее каркасом $\mathcal{P}_n = \{P_0, P_1, ...P_n\}$, состоящим из $n+1$ прстранственно-временных точек $n = 1, 2, ...$ Вопрос о том, что связывает точки каркаса в единое целое, уместен только в непрерывной геометрии с безграничной делимостью. В физической геометрии [2, 3, 4] точки каркаса могут быть связаны между собой просто как точки геометрии с ограниченной делимостью.

Эволюция частицы описывается цепью $\mathcal{C}$ связанных каркасов. [4, 5].

$$\mathcal{C} = \bigcup_s \mathcal{P}_n^{(s)} \tag{2}$$

Смежные каркасы цепи эквивалентны

$$\mathcal{P}_n^{(s+1)} \mathrm{eqv} \mathcal{P}_n^{(s)} : \quad \mathbf{P}_i^{(s+1)}\mathbf{P}_k^{(s+1)} \mathrm{eqv} \mathbf{P}_i^{(s)}\mathbf{P}_k^{(s)} \quad i, k = 0, 1, ...n, \quad s = ...0, 1, ... \tag{3}$$

Точки $P_1^{(s)}$ и $P_0^{(s+1)}$ цепи совпадают $s = ...0, 1, ..$ Тогда в соответствии с (3) ведущий вектор $\mathbf{P}_0^{(s)}\mathbf{P}_1^{(s)} = \mathbf{P}_0^{(s)}\mathbf{P}_0^{(s+1)}$ каркаса $\mathcal{P}_n^{(s)}$ эквивалентен ведущему вектору $\mathbf{P}_0^{(s+1)}\mathbf{P}_1^{(s+1)} = \mathbf{P}_0^{(s+1)}\mathbf{P}_0^{(s+2)}$ каркаса $\mathcal{P}_n^{(s+1)}$, т.е.

$$\mathbf{P}_0^{(s)}\mathbf{P}_0^{(s+1)} \mathrm{eqv} \mathbf{P}_0^{(s+1)}\mathbf{P}_0^{(s+2)} \tag{4}$$

В явном виде уравнения (2), (3), описывающие мировую цепь, выглядят следующим образом

$$\begin{aligned}
\left(\mathbf{P}_i^{(s+1)}\mathbf{P}_k^{(s+1)}.\mathbf{P}_i^{(s)}\mathbf{P}_k^{(s)}\right) &= \left|\mathbf{P}_i^{(s+1)}\mathbf{P}_k^{(s+1)}\right| \cdot \left|\mathbf{P}_i^{(s)}\mathbf{P}_k^{(s)}\right|, &\quad (5)\\
\left|\mathbf{P}_i^{(s+1)}\mathbf{P}_k^{(s+1)}\right| &= \left|\mathbf{P}_i^{(s)}\mathbf{P}_k^{(s)}\right|, \quad P_1^{(s)} = P_0^{(s+1)} &\quad (6)\\
i, k &= 0, 1, ...n, \quad s = ...0, 1, ...
\end{aligned}$$

где скалярные произведения определяются через мировую функцию соотношением

$$\begin{aligned}
\left(\mathbf{P}_i^{(s+1)}\mathbf{P}_k^{(s+1)}.\mathbf{P}_i^{(s)}\mathbf{P}_k^{(s)}\right) &= \sigma\left(P_i^{(s+1)}, P_k^{(s)}\right) + \sigma\left(P_k^{(s+1)}, P_i^{(s)}\right) \\
&\quad -\sigma\left(P_i^{(s+1)}, P_i^{(s)}\right) - \sigma\left(P_i^{(s+1)}, P_i^{(s)}\right)
\end{aligned} \tag{7}$$

Вращение каркаса отсутствует. Динамика описывается уравнениями в конечных разностях. Это естественно, поскольку геометрия пространства-времени может быть дискретной. Ведущий вектор $\mathbf{P}_0\mathbf{P}_1$ описывает направление эволюции в пространстве событий. Число уравнений $n(n+1)$, тогда как число переменных, подлежащих определению, равно Nn. Здесь N есть размерность пространства-времени, а $n+1$ есть число точек в каркасе частицы.

Различие числа уравнений и числа динамических переменных, подлежащих определению, может приводить к различным вариантам:

1. Многовариантности, т.е. неоднозначности определения положения звеньев мировой цепи, когда $n(n+1) < Nn$. Это характерно для простых каркасов (содержащих мало точек). Многовариантность ответственна за квантовые эффекты [6].

2. Нуль-вариантности, т.е. отсутствию решения уравнений, когда $n(n+1) > Nn$. Это характерно для сложных каркасов (содержащих много точек). Нуль-вариантность означает дискриминацию частиц со сложными каркасами. В результате могут существовать только частицы с некоторыми (возможно дискретными) значениями масс и других параметров.

Квантовая неопределенность и дискриминационный механизм представляют собой две стороны динамики частиц. Традиционная теория элементарных частиц не содержит дискриминационного механизма, который мог бы объяснить дискретный спектр масс элементарных частиц.

Существует два сорта элементарных частиц: бозоны и фермионы. Бозон не имеет собственного углового момента (спина). Это естественно, потому что движение элементарных частиц поступательное. Однако, фермионы имеют дискретный спин, что выглядит достаточно неожиданно при поступательном движении. Спин фермиона появляется как результат поступательного движения вдоль пространственноподобной винтовой линии с времениподобной осью [7, 8, 9]. Винтообразная мировая линия свободной частицы возможна только для пространственноподобных мировых линий. Это обусловлено многовариантностью [10] геометрии пространства-времени относительно пространственноподобных векторов. Эта многовариантность имеет место даже для пространства-времени Минковского. Эта многовариантность имеет место для любой геометрии пространства-времени. Она не исчезает в пределе $\hbar \to 0$.

Однако в пространственно-временной геометрии Минковского винтообразная мировая цепь не возможна, потому что временная составляющая импульса бесконечно возрастает. Для существования винтообразной мировой цепи мировая функция σ должна иметь вид

$$\sigma = \left\{ \begin{array}{ll} f\left(\sigma_{\mathrm{M}}\right) & \text{если} \quad \left|\sigma_{\mathrm{M}}\right| < \sigma_0 \\ \sigma_{\mathrm{M}} + \lambda_0^2 \operatorname{sgn}\left(\sigma_{\mathrm{M}}\right) & \text{если} \quad \left|\sigma_{\mathrm{M}}\right| > \sigma_0 \end{array} \right., \qquad \lambda_0^2 = \frac{\hbar}{2bc}, \qquad \sigma_0 = \mathrm{const} \tag{8}$$

$$\left|f\left(\sigma_{\mathrm{M}}\right)\right| < \left|\sigma_{\mathrm{M}}\right| \frac{\sigma_0 + \lambda_0^2}{\sigma_0}, \qquad \left|\sigma_{\mathrm{M}}\right| < \sigma_0 \tag{9}$$

В традиционной теории относительности винтовые пространственноподобные мировые линии не рассматриваются, поскольку предполагается, что они запрещены принципами теории относительности. Обычно фермионы описываются с помощью уравнения Дирака, которое нуждается в таких специальных величинах как γ-матрицы. Использование γ-матриц порождает рассогласование между мгновенной скоростью частицы и ее средним импульсом (квантовая механика всегда использует средний импульс [11].) Это таинственное рассогласование легко объясняется с помощью винтообразной мировой цепи. Скорость касательна к винтовой линии, тогда как средний импульс направлен вдоль оси винтовой линии.

Кроме того, каркас фермиона должен содержать не менее трех точек. Это необходимо для стабилизации винтовой линии [7, 8]. Существование фермиона возможно только при некоторых значениях массы фермиона, которая зависит от вида функции f в (8)) и от выбора точек каркаса.

Таким образом, спин и магнитный момент фермионов оказываются связанными с пространственноподобной мировой цепью и многовариантностью геометрии относительно пространственноподобных векторов. При традиционном подходе к геометрии пространственноподобные мировые линии считаются несовместимыми с принципами теории относительности, а спин ассоциируется с существованием таинственных γ-матриц. Многовариантность относительно времениподобных векторов является слабой (она исчезает в пределе $\hbar = 0$). Многовариантность относительно пространственноподобных векторов является сильной (она не связана с квантовыми эффектами).

Движение элементарных частиц является свободным в правильно выбранной геометрии пространства-времени. Однако, можно описывать движение частиц в произвольной геометрии, заданной на том же множестве точек, на котором задана правильная геометрия. Для этого мировую функцию σ правильной геометрии представляют в виде

$$\sigma(P,Q) = \sigma_{K_0}(P,Q) + d(P,Q) \tag{10}$$

где $d(P,Q)$ представляет собой добавку к мировой функции $\sigma_{K_0}(P,Q)$ геометрии Калуцы-Клейна, которая используется в качестве рабочей геометрии. В этой геометрии движение частицы уже не будет свободным. Оно будет движением в силовых полях, вид которых определяется добавкой $d(P,Q)$.

Прогресс в динамике элементарных частиц обусловлен прогрессом нашего знания и понимания геометрии, а так же использованием адекватных (релятивистских) понятий. Рассмотренная динамика элементарных частиц является модельной концепцией. Она наглядна и очень проста с принципиальной точки зрения. Многовариантность геометрии непринужденно объясняет квантовые эффекты, а нуль-вариантность порождает дискриминационный механизм, ответственный за дискретные характеристики элементарных частиц. Математический аппарат формулируется в бескоординатном виде, что избавляет от необходимости исследовать преобразования координат и их инварианты. Двухточечный характер формализма динамики и многоточечность каркасов элементарных частиц содержат в себе бездну информации, которой нужно только правильно распорядиться. Простые принципы динамики сводят построение теории элементарных частиц к формальным расчетам динамики различных каркасов в различных геометриях пространства-времени. Есть надежда, что правильные каркасы элементарных частиц могут быть получены в результате дискриминационного механизма геометрии пространства-времени. Во всяком случае эта динамика, построенная на основе простых динамических принципов, непринужденно объясняет дискретные спины и дискретные массы фермионов. Она непринужденно объясняет рассогласование между скоростью частицы и ее средним импульсом. Эти свойства объясняют обычно, вводя γ-матрицы, что является разновидностью подгонки. Объем расчетной работы велик. Трудности усугубляются использованием непривычного формализма (конечно-разностные динамические уравнения).

Список литературы

[1] Yu. A. Rylov, Logical reloading as overcoming of crisis in geometry. *e-print 1005.2074*

[2] Yu.A.Rylov, Geometry without topology as a new conception of geometry. *Int. Jour. Mat. & Mat. Sci.* **30**, iss. 12, 733-760, (2002).

[3] Yu.A.Rylov, Non-Euclidean method of the generalized geometry construction and its application to space-time geometry in *Pure and Applied Differential geometry* pp.238-246. eds. Franki Dillen and Ignace Van de Woestyne. Shaker Verlag, Aachen, 2007. Смотри также *e-print Math.GM/0702552.*

[4] Yu. A. Rylov, Generalization of relativistic particle dynamics on the case of non-Riemannian space-time geometry. *Concepts of Physics* **6**, iss.4, 605, (2009). Смотри также *e-print 0811.4562.*

[5] Yu. A. Rylov, Necessity of the general relativity revision and free motion of particles in non-Riemannian space-time geometry. *e-print 1001.5362v1.*

[6] Yu.A.Rylov, Non-Riemannian model of the space-time responsible for quantum effects. *Journ. Math. Phys.* **32(8)**, 2092-2098, (1991).

[7] Yu. A. Rylov, Is the Dirac particle composite? *e-print physics/0410045*

[8] Yu. A. Rylov, Is the Dirac particle completely relativistic? *e-print physics/0412032.*

[9] Yu. A. Rylov, Geometrical dynamics: spin as a result of rotation with superluminal speed. *e-print 0801.1913.*

[10] Yu. A. Rylov, Multivariance as a crucial property of microcosm. *Concepts of Physics* **5**, iss.1, 89 -117, (2009). See also *e-print 0806.1716.*

[11] Yu. A. Rylov, Hydrodynamical interpretation of quantum mechanics: the momentum distribution *e-print physics/0402068*.