Завершение релятивизации физики и логическая перезагрузка в 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/~rylov/yrylov.htm*
or mirror Web site: *http://gasdyn-ipm.ipmnet.ru/~rylov/yrylov.htm*

Аннотация

В начале двадцатого века теория относительности не была завершена в том смысле, что динамические уравнения были релятивистскими, а описание состояния частицы оставалось нерелятивистским. Последовательный релятивистский подход позволил построить единый формализм динамики частиц, которым можно описывать движение детерминированных и стохастических частиц. Этот формализм позволяет обосновать квантовые явления без использования квантовых принципов. Отказываясь от ограничения непрерывными геометриями пространства-времени и используя метрический подход к геометрии, удается объяснить стохастическое движение элементарных частиц и построить каркасную концепцию динамики частиц. Каркасная концепция позволяет исследовать структуру элементарных частиц (а не только систематизировать элементарные частицы, приписывая им квантовые числа).

Ключевые слова: элементарная длина; дискретная геометрия пространства-времени; мировая функция; логическая перезагрузка, геометризация параметров частицы; каркасная концепция динамики частицы;

1 Введение

В начале двадцатого века теория относительности не была завершена в том смысле, что динамические уравнения были релятивистскими, а описание состояния частицы оставалось нерелятивистским. Нерелятивистское понятие состояния частицы - это точка в трехмерном пространстве или в фазовом пространстве. Настоящее релятивистское понятие состояния частицы выглядит иначе.

Традиционно принцип специальной теории относительности формулируется как лоренц-инвариантность динамических уравнений. С другой стороны, общие физические принципы едва ли можно формулировать как утверждения, связанные с такими деталями описания как преобразования координат. Мы формулируем принцип относительности следующим образом: *Пространство-время описывается одной пространственно-временной структурой* ST. Это означает, что пространство-время описывается только одной величиной: пространственно-временным расстоянием ρ, или только одной мировой функцией $\sigma = \frac{1}{2}\rho^2$. В нерелятивистской физике пространство-время описывается с помощью двух независимых величин (структур): пространственным расстоянием S и временным интервалом T. Среди трех структур: T, S, и ST только две являются независимыми. Такая формулировка принципа относительности является более общей, потому что она верна не только для пространственно-временной геометрии Минковского. Она верна для любой геометрии пространства-времени, включая дискретную геометрию пространства-времени. Кроме того такая формулировка является бескоординатной.

Нельзя быть уверенным в том, что геометрия пространства-времнеи непрерывна в микромире. Ограничивая наше рассмотрение непрерывными геометриями пространства-времени, мы совершаем ошибку. Эта ошибка оправдывается тем, что формализм дискретной геометрии не был разработан, и полагали, что геометрия пространства-времени не может быть дискретной. На самом деле, дискретная геометрия, как и любая геометрия, является обобщением собственно евклидовой геометрии $\mathcal{G}_{\mathrm{E}}$. Но евклидова геометрия должна описываться в терминах расстояния и только в терминах расстояния, потому что другие понятия геометрии $\mathcal{G}_{\mathrm{E}}$ содержат ссылку на непрерывность геометрии $\mathcal{G}_{\mathrm{E}}$, и они не могут использоваться для построения дискретной геометрии.

Простейшая дискретная геометрия пространства-времени $\mathcal{G}_{\mathrm{d}}$ описывается мировой функцией

$$\sigma_{\mathrm{d}}(P, Q) = \sigma_{\mathrm{M}}(P, Q) + \frac{\lambda_0^2}{2}\operatorname{sgn}(\sigma_{\mathrm{M}}(P, Q)), \quad \forall P, Q \in \Omega \tag{1.1}$$

где Ω есть множество всех точек пространства-времени, σ_{M} есть мировая функция пространственно-временной геометрии Минковского $\mathcal{G}_{\mathrm{M}}$, и λ_0 есть элементарная длина. В инерциальной системе координат мировая функция σ_{M} имеет вид

$$\sigma_{\mathrm{M}}(x, x') = \frac{1}{2} g_{ik}\left(x^i - x'^i\right)\left(x^k - x'^k\right), \quad g_{ik} = \operatorname{diag}\left(c^2, -1, -1, -1\right) \tag{1.2}$$

В дискретной геометрии пространства-времени точечная частица не может описываться мировой линией, потому что всякая мировая линия является пределом ломаной линии, когда длины ее звеньев стремятся к нулю. Но в дискретной геометрии $\mathcal{G}_{\mathrm{d}}$ нет бесконечно малых длин, потому что все длины больше, чем λ_0. В $\mathcal{G}_{\mathrm{d}}$ точечная частица описывается мировой цепью (ломаной линией) вместо гладкой мировой линии. Описание состояния точечной частицы с помощью положения частицы и ее импульса оказывается неадекватным. Причина заключается в том, что в непрерывной (дифференциальной) геометрии пространства-времени 4-импульс частицы p_k описывается соотношением

$$p_k = g_{kl}\frac{dx^l}{d\tau} = g_{kl}\lim_{d\tau \to 0}\frac{x^l(\tau + d\tau) - x^l(\tau)}{d\tau} \tag{1.3}$$

где $x^l = x^l(\tau)$, $l = 0, 1, 2, 3$ есть уравнение мировой линии. Предел в формуле (1.3) не существует в $\mathcal{G}_\mathrm{d}$, и 4-импульс p_k не определяется (по крайней мере, в таком виде). Вообще, математический формализм дифференциальной геометрии, основанный на исчислении бесконечно малых (дифференциальные динамические уравнения), является неадекватным в дискретной геометрии пространства-времени, где отсутствуют бесконечно малые расстояния.

В случае произвольной геометрии пространства-времени состояние точечной частицы описывается двумя пространственно-временными точками. Эти две точки P, Q определяют вектор $\mathbf{PQ} = \{P, Q\}$, который может интерпретироваться как импульс частицы. В случае дискретной геометрии пространства-времени $\mathcal{G}_\mathrm{d}$ вектор $\mathbf{PQ}$ тоже может интерпретироваться как импульс, но его представление в виде (1.3) будет невозможным.

В произвольной геометрии пространства-времени точечная частица описывается мировой цепью $\mathcal{C}$

$$\mathcal{C} = \bigcup_s P_s, \quad |\mathbf{P}_s\mathbf{P}_{s+1}| = \mu = \mathrm{const}, \quad s = ...0, 1, ... \tag{1.4}$$

Здесь μ есть геометрическая масса частицы (длина звена мировой цепи), которая связана массой m частицы соотношением

$$m = b\mu \tag{1.5}$$

где b есть универсальная постоянная.

В $\mathcal{G}_\mathrm{d}$ возможно только бескоординатное описание [1], которое осуществляется в терминах и только в терминах мировой функции σ_d, или в терминах пространственно-временного расстояния ρ_d, потому что все геометрические понятия римановой геометрии (за исключением расстояния) содержат ссылку на непрерывность геометрии. В бескоординатном описании скалярное произведение $(\mathbf{PQ}.\mathbf{RS})$ двух векторов $\mathbf{PQ}$ и $\mathbf{RS}$ имеет вид

$$(\mathbf{PQ}.\mathbf{RS}) = \sigma(P, S) + \sigma(Q, R) - \sigma(P, R) - \sigma(Q, S) \tag{1.6}$$

и

$$|\mathbf{PQ}|^2 = (\mathbf{PQ}.\mathbf{PQ}) = 2\sigma(P, Q) \tag{1.7}$$

Бескоординатные определения скалярного произведения $(\mathbf{PQ}.\mathbf{RS})$ и длины вектора $|\mathbf{PQ}|$ совпадают с их традиционным определением в собственно евклидовой геометрии. Они могут быть использованы в любой геометрии пространства-времени $\mathcal{G}$, которая полностью описывается ее мировой функцией σ. Такая геометия пространства-времени называется физической геометрией.

Эквивалентность $(\mathbf{PQ}\mathrm{eqv}\mathbf{RS})$ двух векторов $\mathbf{PQ}$ и $\mathbf{RS}$ определяется двумя бескоординатными соотношениями

$$(\mathbf{PQ}\mathrm{eqv}\mathbf{RS}): \quad (\mathbf{PQ}.\mathbf{RS}) = |\mathbf{PQ}| \cdot |\mathbf{RS}| \wedge |\mathbf{PQ}| = |\mathbf{RS}| \tag{1.8}$$

Дискретная геометрия пространства-времени многовариантна в том смысле, что имеется много векторов $\mathbf{PQ}, \mathbf{PQ}', \mathbf{PQ}''$,... в точке P которые эквивалентны вектору $\mathbf{RS}$ в точке R, но векторы $\mathbf{PQ}, \mathbf{PQ}', \mathbf{PQ}''$,... не эквивалентны между собой.

В собственно евклидовой геометрии $\mathcal{G}_\mathrm{d}$ отношение эквивалентности (1.8) одновариантно, и имеется один и только один вектор $\mathbf{PQ}$ в точке P, который эквивалентен вектору $\mathbf{RS}$ в точке R.

Если мировая цепь (1.4) описывает свободную частицу, то звенья ее мировой цепи удовлетворяют соотношениям

$$(\mathbf{P}_s\mathbf{P}_{s+1}\mathrm{eqv}\mathbf{P}_{s+1}\mathbf{P}_{s+2}), \quad s = ...0, 1, ... \tag{1.9}$$

Эти соотношения многовариантны в $\mathcal{G}_\mathrm{d}$. Это приводит к вихлянию мировой цепи. Это вихляние означает, что частица является стохастической (случайной). В $\mathcal{G}_\mathrm{d}$ амплитуда вихляния ограничена элементарной длиной λ_0 для времениподобных векторов. Но эта амплитуда бесконечна для пространственноподобных векторов. В геометрии Минковского $\mathcal{G}_\mathrm{M}$ вихляние отсутствует для времениподобных векторов ($\lambda_0 = 0$), и амплитуда этого вихляния бесконечна для пространственноподобных векторов.

В нерелятивистском описании статистическое описание времениподобных мировых линий в $\mathcal{G}_\mathrm{d}$ приводит к уравнению Шредингера [2], если элементарная длина

$$\lambda_0^2 = \frac{\hbar}{bc} \tag{1.10}$$

где b есть универсальная постоянная, определяемая соотношением (1.5). Отдельная частица с пространственноподобной мировой цепью (тахион) не может быть обнаружена, из-за бесконечной амплитуды ее вихляния ее мировой цепи. Однако гравитационное поле тахионного газа может быть обнаружено (темная материя) [3, 4].

Очень важно, что статистическое описание вихляющих мировых цепей производится релятивистски, когда точечная частица описывается двумя точками (а не точкой в фазовом пространстве). В этом случае статистический ансамбль является динамической системой типа сплошной среды, и можно ввести волновую функцию как метод описания сплошной среды [5]. В нерелятивистском описании состояние частицы представляет собой точку в фазовом пространстве. В это случае статистическое описание является вероятностным построением, описывающим эволюцию вероятности состояния частицы [6, 7, 8].

Подчеркнем, что статистический ансамбль как динамическая система (а не вероятностное построение) является результатом корректного (релятивистского) определения состояния частицы (а не результат какой-нибудь новой гипотезы). Описание движения частицы с помощью мировой цепи (1.4) является следствием последовательного применения принципа теории относительности.

2 Единый формализм динамики частиц

Обоснование квантовой механики на основе динамики стохастических частиц было получено как следствие единого формализма динамики частиц [9]. Стохастическая частица $\mathcal{S}_\mathrm{st}$ не является динамической системой, и для $\mathcal{S}_\mathrm{st}$ не существует динамических уравнений. Однако, статистический ансамбль $\mathcal{E}\left[\mathcal{S}_\mathrm{st}\right]$ стохастических систем $\mathcal{S}_\mathrm{st}$ является динамической системой типа сплошной среды. Детерминированная частица $\mathcal{S}_\mathrm{det}$ так же как статистический ансамбль $\mathcal{E}\left[\mathcal{S}_\mathrm{det}\right]$ являются динамическими системами, и для них имеются динамические уравнения. При традиционном подходе к динамике частиц, когда базовым элементом динамики является отдельная частица, нельзя построить единую концепцию динамики для стохастических и детерминированных частиц, потому что не существует динамических уравнений для отдельной стохастической частицы. Однако после логической перезагрузки, когда базовым объектом становится статистический ансамбль, динамические уравнения появляются для статистического ансамбля $\mathcal{E}[\mathcal{S}_{\rm st}]$ стохастических частиц $\mathcal{S}_{\rm st}$ и для статистического ансамбля $\mathcal{E}[\mathcal{S}_{\rm det}]$ детерминированных частиц $\mathcal{S}_{\rm det}$ [9].

Например, действие для статистического ансамбля стохастических частиц $\mathcal{S}_{\rm st}$ имеет вид

$$\mathcal{A}_{\mathcal{E}[\mathcal{S}_{\rm st}]}[\mathbf{x},\mathbf{u}]=\int\int_{V_\xi}\left\{\frac{m}{2}\dot{\mathbf{x}}^2+\frac{m}{2}\mathbf{u}^2-\frac{\hbar}{2}\boldsymbol{\nabla}\mathbf{u}\right\}\rho_1(\boldsymbol{\xi})\,dtd\boldsymbol{\xi},\qquad \dot{\mathbf{x}}\equiv\frac{d\mathbf{x}}{dt} \tag{2.1}$$

Переменная $\mathbf{x}=\mathbf{x}(t,\boldsymbol{\xi})$ описывает регулярную составляющую движения частицы. Независимые переменные $\boldsymbol{\xi}=\{\xi_1,\xi_2,\xi_3\}$ маркируют элементы (частицы) статистического ансамбля $\mathcal{E}[\mathcal{S}_{\rm st}]$. Переменная $\mathbf{u}=\mathbf{u}(t,\mathbf{x})$ описывает среднее значение стохастической составляющей скорости, $\hbar$ есть квантовая постоянная, $\rho_1(\boldsymbol{\xi})$ есть весовая функция. Можно положить $\rho_1=1$. Второй член в (2.1) описывает кинетическую энергию стохастической составляющей скорости. Третий член описывает взаимодействие между стохастической составляющей $\mathbf{u}(t,\mathbf{x})$ и регулярной составляющей $\dot{\mathbf{x}}(t,\boldsymbol{\xi})$ скорости частицы. Оператор

$$\boldsymbol{\nabla}=\left\{\frac{\partial}{\partial x^1},\frac{\partial}{\partial x^2},\frac{\partial}{\partial x^3}\right\} \tag{2.2}$$

определен в пространстве координат $\mathbf{x}$.

Формально действие (2.1) описывает множество детерминированных частиц $\mathcal{S}_{\rm d}$, взаимодействующих через силовое поле $\mathbf{u}$. Частицы $\mathcal{S}_{\rm d}$ образуют газ (или жидкость), описываемую переменными $\dot{\mathbf{x}}(t,\boldsymbol{\xi})=\mathbf{v}(t,\boldsymbol{\xi})$. Здесь это описание производится в представлении Лагранжа. Гидродинамическое описание производится в терминах плотности ρ и скорости $\mathbf{v}$, где

$$\rho=\rho_1 J,\quad J\equiv\frac{\partial(\xi_1,\xi_2,\xi_3)}{\partial(x^1,x^2,x^3)},\quad v^\alpha=\frac{\partial(x^\alpha,\xi_1,\xi_2,\xi_3)}{\partial(t,\xi_1,\xi_2,\xi_3)},\quad \alpha=1,2,3 \tag{2.3}$$

Потенциальное течение этого газа описывается уравнением Шредингера [9].

Динамическое уравнение для силового поля $\mathbf{u}$ получается в результате вариации (2.1) по $\mathbf{u}$. Оно имеет вид

$$\mathbf{u}=\mathbf{u}(t,\mathbf{x})=-\frac{\hbar}{2m}\boldsymbol{\nabla}\ln\rho \tag{2.4}$$

Вектор $\mathbf{u}$ описывает среднее значение стохастической составляющей скорости стохастической частицы $\mathcal{S}_{\rm st}$. В нерелятивистском случае силовое поле $\mathbf{u}$ определяется его источником: плотностью сплошной среды ρ.

В терминах волновой функции действие (2.1) принимает вид [9]

$$\mathcal{A}[\psi,\psi^*]=\int\left\{\frac{i\hbar}{2}(\psi^*\partial_0\psi-\partial_0\psi^*\cdot\psi)-\frac{\hbar^2}{2m}\boldsymbol{\nabla}\psi^*\cdot\boldsymbol{\nabla}\psi+\frac{\hbar^2}{8m}\rho\boldsymbol{\nabla}s_\alpha\boldsymbol{\nabla}s_\alpha\right\}\mathrm{d}^4x \tag{2.5}$$

где волновая функция $\psi=\left\{\begin{smallmatrix}\psi_1\\ \psi_2\end{smallmatrix}\right\}$ имеет две комплексные составляющие.

$$\rho=\psi^*\psi,\qquad s_\alpha=\frac{\psi^*\sigma_\alpha\psi}{\rho},\qquad \alpha=1,2,3 \tag{2.6}$$

σ_α суть 2×2 матрицы Паули

$$\sigma_1=\begin{pmatrix}0&1\\1&0\end{pmatrix},\qquad \sigma_2=\begin{pmatrix}0&-i\\i&0\end{pmatrix},\qquad \sigma_3=\begin{pmatrix}1&0\\0&-1\end{pmatrix}, \tag{2.7}$$

Динамическое уравнение, порождаемое действием (2.5), имеет вид

$$i\hbar\partial_0\psi+\frac{\hbar^2}{2m}\boldsymbol{\nabla}^2\psi+\frac{\hbar^2}{8m}\boldsymbol{\nabla}^2 s_\alpha\cdot(s_\alpha-2\sigma_\alpha)\,\psi-\frac{\hbar^2}{4m}\frac{\boldsymbol{\nabla}\rho}{\rho}\boldsymbol{\nabla}s_\alpha\sigma_\alpha\psi=0 \tag{2.8}$$

В случае однокомпонентной волновой функции ψ, когда течение потенциально и $\boldsymbol{\nabla}s_\alpha=0$, динамическое уравнение имеет вид уравнения Шредингера

$$i\hbar\partial_0\psi+\frac{\hbar^2}{2m}\boldsymbol{\nabla}^2\psi=0 \tag{2.9}$$

Таким образом, уравнение Шредингера является частным случаем динамического уравнения, порожденного действием (2.1) или (2.5). Таким образом, линейность динамического уравнения в терминах волновой функции есть частный случай динамического уравнения для статистического ансамбля стохастических частиц, хотя она рассматривается обычно как принцип квантовой механики.

3 Причина стохастичности элементарных частиц

Стохастичность элементарных частиц и вихляние их мировых цепей обусловлено дискретностью геометрии пространства-времени, более точно ее многовариантностью [1]. Дискретная геометрия строится как обобщение собственно евклидовой геометрии $\mathcal{G}_\mathrm{E}$. Но для такого обобщения нужно произвести логическую перезагрузку и представить $\mathcal{G}_\mathrm{E}$ в терминах мировой функции [10, 11]. Использование дискретной геометрии пространства-времени позволяет сформулировать каркасную концепцию элементарных частиц, где состояние элементарной частицы и все ее параметры, описываются каркасом частицы [12]. Каркас представляет собой несколько жестко связанных между собой пространственно-временных точек. Расстояния между точками каркаса определяют параметры частицы. Мировая цепь (1.4) с двух-точечным каркасом описывает простейший случай элементарной частицы. В этом случае имеется только один параметр каркаса. Это длина $\mu=|\mathbf{P}_s\mathbf{P}_{s+1}|$ звена мировой цепи. Согласно (1.5) масса частицы есть геометрическая величина. Другими словами, описание частицы полностью геометризуется.

Обобщение двухточечного каркаса точечной частицы возникло при рассмотрении уравнения Дирака [13, 14, 15]. При анализе уравнение Дирака с точки зрения квантовой механики возникают абстрактные динамические переменные (γ-матрицы), природа которых не ясна. Анализируя уравнение Дирака и используя единый формализм динамики частиц (без использования принципов квантовой механики), заключаем, что мировая линия дираковской частицы является винтовой линией с времениподобной осью. Винтообразное движение свободной частицы возможно, если ее каркас содержит три (или больше) точек [16]. Винтообразное движение частицы объясняет спин частицы и ее магнитный момент, тогда как при квантовом подходе спин и магнитный момент являются просто квантовыми числами, природа которых не известна. Таким образом, каркасная концепция элементарных частиц позволяет исследовать структуру и устройство элементарных частиц.

Каркасная концепция получается как прямое следствие физических принципов без использования искусственных принципов и гипотез, подобных принципам квантовой механики. В этом главная ценность каркасной концепции. Каркасная концепция получена как результат исправления ошибок в традиционной теории: (1) нерелятивистского понятия состояния частицы, (2) необоснованного ограничения непрерывной геометрией пространства-времени. Исправление этих ошибок приводит к каркасной концепции без каких-либо дополнительных предположений.

Использование каркасной концепции позволяет объяснить темную материю как тахионный газ и объясняет невозможность детектирования отдельного тахиона [3, 4]. Эти явления не объясняются с точки зрения квантового подхода.

Использование логической перезагрузки сопровождается существенным изменением математического формализма. Это изменение формализма с трудом воспринимается людьми, привыкшими к традиционному формализму. Например, дискретная геометрия $\mathcal{G}_{\mathrm{d}}$, описываемая мировой функцией (1.1), является однородной и изотропной. В самом деле, мировая функция σ_{M} (1.2) геометрии Минковского инвариантна относительно преобразований группы Пуанкаре. Мировая функция σ_{d} (1.1) является функцией от σ_{M}. Она тоже инвариантна по отношению к преобразованиям группы Пуанкаре. Это означает, что дискретная геометрия (1.1) однородна и изотропна. Это противоречит традиционному подходу к дискретной геометрии, которая рассматривается как геометрия на решетке. Геометрия на решетке не может быть однородной и изотропной. Кроме того, дискретная геометрия (1.1) не имеет определенной размерности (максимального числа линейно независимых векторов). При традиционном подходе к геометрии такая ситуация невозможна, потому что построение любой геометрии начинается с задания размерности геометрии в виде натурального числа.

Список литературы

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

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

[3] Yu. A. Rylov, Dynamic equations for tachyon gas. *Int. J. Theor. Phys.* (2013),. doi:10.1007/s10773-013-1674-4

[4] Ю.А.Рылов, Тахионный газ как кандидат на темную материю. *Вестник РУДН, математика, информатика, физика, (2013) вып. 2 стр.159-173*

[5] Yu.A. Rylov, Spin and wave function as attributes of ideal fluid. (*Journ. Math. Phys.* **40**, *pp. 256 - 278, (1999).*

[6] Yu.A. Rylov, Quantum Mechanics as a theory of relativistic Brownian motion. *Ann. Phys. (Leipzig).* **27**, 1-11, (1971).

[7] Yu.A. Rylov, Quantum mechanics as relativistic statistics.I: The two-particle case. *Int. J. Theor. Phys.* **8**, 65-83, (1973).

[8] Yu.A. Rylov, Quantum mechanics as relativistic statistics.II: The case of two interacting particles. *Int. J. Theor. Phys.* **8**, 123-139, (1973)

[9] Yu. A. Rylov, Uniform formalism for description of dynamic, quantum and stochastic systems *e-print /physics/0603237v6.*

[10] 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. See also *e-print Math.GM/0702552*

[11] Yu. A. Rylov, Different conceptions of Euclidean geometry and their application to the space-time geometry. *e-print /0709.2755v4*

[12] Yu. A. Rylov, Discrete space-time geometry and skeleton conception of particle dynamics *Int. J. Theor. Phys.* **51**, Issue 6 (2012), 1847-1865. See also *e-print* 1110.3399v1

[13] Yu.A.Rylov, Dirac equation in terms of hydrodynamic variables. *Advances in Applied Clifford Algebras*, **5**, *pp 1-40, (1995)*). See also *e-print /1101.5868.*

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

[15] Yu. A. Rylov (2004), Is the Dirac particle completely relativistic? *e-print* /physics/0412032.

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