Объединение классической и квантовой механики в единую концепцию динамики частиц

Ю.А.Рылов

Институт проблем механики, РАН
Россия 117526, Москва, Пр. Вернадского 01-1
email: rylov@ipmnet.ru
Web site: $http://gasdyn-ipm.ipmnet.ru/\tilde{\ }rylov/yrylov.htm$

Аннотация

Показано, что движение квантовых частиц и классических частиц может описываться в рамках одного и того же формализма. Стохастичность движения частицы зависит от вида пространственно-временной геометрии, которая должна описываться как физическая геометрия, т.е. как результат деформации собственно евклидовой геометрии. Новый метод описания движения частицы не использует квантовых принципов. Структурный подход позволяет рассматривать структуру и устройство элементарных частиц, что не может быть получено при традиционном подходе, использующем квантовые принципы.

Ключевые слова: физическая геометрия; стохастические частицы; динамическая расквантизация; дискретная геометрия.

1 Введение

Наиболее быстрый прогресс в механике возникает, когда две различные концепции объединяются в одну концепцию. В этой работе классическая и квантовая механика объединяются в единую концепцию динамики частиц. Такое объединение позволяет исследовать структуру и устройство элементарных частиц. Это не возможно в рамках квантовой механики.

Механика Аристотеля содержала земную механику и небесную механику [1]. Эти механики содержали различные объекты и различные понятия. Исаак Ньютон объединил эти две механики в классическую механику, которая содержит другие понятия и другие объекты. Например, в классической механике появились такие понятия как скорость и ускорение. В механике Аристотеля эти понятия отсутствовали, потому что в механике Аристотеля использовались только отношения одинаковых величин, например, отношение двух длин, или отношение двух периодов времени. Понятие инерции тоже отсутствовало в механике Аристотеля. Построение новых понятий -

это очень трудная вещь. Использование двух альтернативных концепций облегчает этот процесс.

Стохастические (недетерминированные) частицы были не известны во время Ньютона, и существование стохастических частиц не было учтено в классической механике. Стоахстические (квантовые) частицы были открыты только в начале XX века. Не удалось применить классическую механику для описания квантовых частиц. В результате для описания квантовых частиц была создана квантовая механика. Можно ли классическую механику (КМ) и квантовую механику объединить в единую механику? Это очень интересный вопрос. Большинство исследователей полагают, что такое объединение невозможно.

Объединение квантовой механики (КвМ) и классической механики (КлМ) производится на основе обратной задачи Маделунга [2], который показал, что уравнение Шредингера может быть представлено как уравнение газовой динамики, описывающее некоторое потенциальное течение газа. Обратная задача не могла быть решена в XX веке, потому, что не было известно, что волновая функция является естественным атрибутом газовой динамики [3].

Мировые линии квантовых частиц являются стохастическими. Они вихляют и взаимодействуют. Это вихляние можно описывать в дискретной геометрии пространства-времени. Дискретная геометрия пространства-времени – это такая геометрия, где имеется минимальная длина λ_0. Это условие может быть записано в виде

Рассмотрим газ, молекулы которого взаимодействуют через классическое силовое поле κ^l, $l = 0, 1, 2, 3$, которое меняет массу молекулы m

$$m^2 \rightarrow M^2 = m^2 + \frac{\hbar^2}{c^2}\left(\kappa_l \kappa^l + \partial_l \kappa^l\right) \tag{1.1}$$

где $\hbar$ есть квантовая постоянная. Вариационный принцип для такого газа имеет вид

$$\mathcal{A}\left[x, \kappa\right] = \int_{\xi_0}\int_{V_\xi}\left(-mcK\sqrt{g_{lk}\dot{x}^l\dot{x}^k} - \frac{e}{c}A_l\dot{x}^l\right)d^4\xi, \quad \dot{x}^i = \frac{\partial x^i}{\partial \xi_0} \tag{1.2}$$

$$K = \frac{M}{m} = \sqrt{1 + \lambda^2\left(\kappa_l\kappa^l + \partial_l\kappa^l\right)}, \quad \lambda = \frac{\hbar}{mc}, \quad \partial_l \equiv \frac{\partial}{\partial x^l} \tag{1.3}$$

где κ^l, $\quad l = 0, 1, 2, 3$ есть классическое силовое поле. Динамическим уравнением для потенциального течения этого газа является уравнение Клейна-Гордона [4]

$$\left(i\hbar\partial_k - \frac{e}{c}A_k\right)\left(i\hbar\partial^k - \frac{e}{c}A^k\right)\psi - m^2c^2\psi = 0 \tag{1.4}$$

Таким образом, классическое силовое поле $\kappa_l = \partial_l\kappa$ ответственно за квантовые эффекты и рождение пар. Это означает, квантовая механика может быть обоснована с помощью классической газовой динамики.

Однако, чтобы показать, что КвМ и КлМ являются различными ветвями одной и той же концепции, нужно показать, что динамические уравнения КвМ и КлМ определяются одним и тем же способом. Но обычно классическая частица описывается как отдельная частица, тогда как квантовая частица является стохастической частицей. Она описывается как статистический ансамбль стохастических частиц. Стохастическая частица не может описываться как отдельная частица.

Квантовая механика и классическая механика могут быть объединены на основе логической перезагрузки [6]. Логическая перезагрузка означает, что базовый объект классической динамики (отдельная динамическая система S) заменяется статистическим ансамблем $\mathcal{E}[S]$ отдельных динамических систем S. Такая замена не меняет классической динамики, потому что можно получить динамические уравнения для $\mathcal{E}[S]$ из динамических уравнений для отдельной S и наоборот. Для стохастической системы можно получить динамические уравнения для статистического ансамбля $\mathcal{E}[S_{\mathrm{st}}]$ стохастических систем S_{st}. Однако, динамических уравнений для отдельной стохастической системы получить нельзя. Такое объединение на основе на основе логической перезагрузки возможно, но оно менее эффективно, чем объединение на основе физической геометрии пространства-времени. Математический формализм на основе физической геометрии позволяет исследовать структуру элементарных частиц.

Мировые линии квантовых частиц являются стохастическими. Они вихляют. Это вихляние может описываться в дискретной геометрии пространства-времени. Дискретная геометрия пространства-времени – это такая геометрия, где существует минимальная длина λ_0. Это условие может быть записано в виде

$$|\rho(P,Q)| \notin (0,\lambda_0), \quad \forall P,Q \in \Omega \tag{1.5}$$

где Ω есть множество точек, где задана геометрия пространства-времени. $\rho(P,Q)$ есть расстояние между точками P и Q. Обычно рассматривают условие (1.5) как ограничение на Ω. Оставив только счетное число точек в Ω, получают так называемую геометрию на решетке. Невозможно работать с геометрией пространства-времени, заданной на решетке. Например, нельзя определить мировую линию частицы в пространственно-временной геометрии, заданной на решетке.

Более эффективно рассматривать условие (1.5) как ограничение на метрику ρ или на мировую функцию $\sigma = \frac{1}{2}\rho^2$. Мировая функция σ_{d} простейшей дискретной геометрии $\mathcal{G}_{\mathrm{d}}$ описывается соотношением

$$\sigma_{\mathrm{d}}(P,Q) = \sigma_{\mathrm{M}}(P,Q) + \frac{\lambda_0^2}{2}\mathrm{sgn}(\sigma_{\mathrm{M}}(P,Q)), \quad \forall P,Q \in \Omega = \Omega_{\mathrm{M}} \tag{1.6}$$

где σ_{M} есть мировая функция геометрии Минковского $\mathcal{G}_{\mathrm{M}}$ и Ω_{M} есть множество точек, где $\mathcal{G}_{\mathrm{M}}$ задана. Легко проверить, что $\rho_{\mathrm{d}} = \sqrt{2\sigma_{\mathrm{d}}}$ удовлетворяет соотношению (1.5). Мировая линия свободной частицы в $\mathcal{G}_{\mathrm{d}}$ вихляет [5]. Это означает, что дискретность геометрии пространства-времени может быть причиной вихляния мировых линий. Может быть, удастся заменить квантовое вихляние использованием дискретной геометрии пространства-времени. Тогда удастся объединить классическую механику и квантовую механику в единую механику в дискретном пространстве-времени.

Если такое объединение возможно, то детерминированные частицы и квантовые частиц будут описываться одним и тем же математическим формализмом. Однако, в традиционной динамике динамические уравнения описывают любую отдельную детерминированную частицу, тогда как они описывают только некоторые среднестатистические характеристики квантовых частиц. Имеются концептуальные ошибки в основании современной физики [7]. Одна из таких ошибок состоит в утверждении, что геометрия пространства-времени является римановой геометрией. На самом деле, реальная геометрия пространства-времени не является римановой геометрией. Общий тип геометрии пространства-времени – это физическая геометрия, получаемая в результате деформации евклидовой геометрии. В частности, дискретная геометрия является специальным видом физической геометрии. Мировая линия частицы в физической геометрии пространства-времени описывается ломаной линией $\mathcal{L}_{\mathrm{br}}$ с вершинами P_s, $s = ...0, 1...$ Для свободной частицы смежные векторы $\mathbf{P}_s\mathbf{P}_{s+1}$ и $\mathbf{P}_{s+1}\mathbf{P}_{s+2}$ равны. Тогда динамические уравнения выглядят следующим образом:

$$\sigma\left(P_s, P_{s+1}\right) = \sigma\left(P_{s+1}, P_{s+2}\right), \quad s = ... - 1, 0, 1, ...$$

$$\left(\mathbf{P}_s\mathbf{P}_{s+1}.\mathbf{P}_{s+1}\mathbf{P}_{s+2}\right) = 2\sqrt{\sigma\left(P_s, P_{s+1}\right)\sigma\left(P_{s+1}, P_{s+2}\right)}, \quad s = ... - 1, 0, 1, ...$$

Здесь $\left(\mathbf{P}_s\mathbf{P}_{s+1}.\mathbf{P}_{s+1}\mathbf{P}_{s+2}\right)$ есть скалярное произведение двух векторов.

$$\left(\mathbf{P}_s\mathbf{P}_{s+1}.\mathbf{P}_{s+1}\mathbf{P}_{s+2}\right) = \sigma\left(P_s, P_{s+2}\right) + \sigma\left(P_{s+1}, P_{s+1}\right) - \sigma\left(P_s, P_{s+1}\right) - \sigma\left(P_{s+1}, P_{s+2}\right)$$

Вообще говоря, двух динамических уравнений недостаточно для однозначного определения четырех динамических переменных (t, x, y, z). В результате ломаная линия $\mathcal{L}_{\mathrm{br}}$ оказывается, вообще говоря, стохастической. Однако, в геометрии Минковского мировая линия $\mathcal{L}_{\mathrm{br}}$ оказывается детерминированной. Поскольку детерминированные мировые лини и стохастические мировые линии могут описываться одним и тем же формализмом, это означает, что классическая механика и квантовая механика могут быть объединены в единую механику.

Динамические уравнения, описывающие отдельную квантовую частицу должны иметь много решений для того, чтобы мировая линия квантовой частицы вихляла. Статистическое усреднение по этим вихляниям должно приводить к традиционным квантовым уравнениям. К сожалению, мы не умеем получать описание отдельной квантовой частицы. Почему? Ответ довольно неожиданный. Мы не можем получить динамические уравнения для отдельной стохастической частицы, потому что мы недостаточно знаем геометрию пространства-времени (Мы используем только риманову геометрию пространства-времени вместо физической геометрии)

Отрицательное отношение математиков к физической геометрии препятствует развитию и применению физической геометрии. Когда математики поняли, что физическая геометрия не является логическим построением, потому что отношение эквивалентности является интранзитивным, они стали утверждать, что такие геометрии не могут существовать и что геометрия с необходимостью является логическим построением. Когда я заявил свой доклад на семинаре в математическом институте им. Стеклова, секретарь семинара сказал мне: "Какая странная геометрия! Ни одной теоремы, одни определения". Он был прав. В физической геометрии нет теорем. Все определения взяты из евклидовой геометрии, где они получены с помощью евклидовых теорем. При деформации евклидовой геометрии, которая является логическим построением, логические связи между различными геометрическими утверждениями нарушаются. Возможно, что физическая геометрия не интересна для математиков, потому что она не содержит теорем (а доказательство теорем является любимым занятием математиков).

Использование физической геометрии пространства-времени позволяет использовать структурный подход к теории элементарных частиц [8, 9, 10], когда описывается структура и устройство элементарных частиц. Обычно используется экспериментально-аналитический подход, когда каждая элементарная частица рассматривается как точечный физический объект, чьи свойства описываются с помощью набора квантовых чисел, присвоенных элементарной частице. Эти квантовые числа получаются из экспериментов. Математический формализм квантовой теории не позволяет рассматривать устройство элементарной частицы. Когда была экспериментально открыта сложная структура нуклонов, кварки рассматривались как отдельные частицы, которые не могут, покинуть нуклон, хотя более логично было бы рассматривать кварки как элементы нуклонной структуры.

Ту же картину мы имели при исследованиях химических элементов. В девятнадцатом веке существовал только экспериментально-логический метод, когда атом рассматривался как бесструктурный объект. Его свойства описывались набором чисел, полученных из эксперимента. Химические элементы классифицировались в соответствии с этими числами. Они образовали периодическую таблицу химических элементов. Природа этой периодической системы стала ясна только в двадцатом веке, когда стало ясно устройство атомов химических элементов. Устройство атомов было установлено на основе квантовой теории. Но квантовая теория не могла установить устройство элементарных частиц.

Сейчас мы находимся на той стадии, когда мы имеем классификацию элементарных частиц (стандартная модель), которые рассматриваются как бесструктурные объекты. Структурный подход к элементарным частицам еще развит недостаточно.

2 Геометрия пространства-времени

Принято считать, риманова геометрия является наиболее общим типом геометрии пространства-времени. Это не так. Наиболее общий тип геометрии пространства-времени – это физическая геометрия, т.е. геометрия полностью описываемая в терминах мировой функции. Физическая геометрия получается из евклидовой геометрии с помощью деформации [11], [12], [13], [15], [16], [17].

Евклидова геометрия $\mathcal{G}_{\mathrm{E}}$ может быть полностью описана в терминах метрики ρ и только метрики. Вместо метрики ρ удобно использовать мировую функцию $\sigma = \frac{1}{2}\rho^2$. Все объекты и утверждения евклидовой геометрии $\mathcal{G}_{\mathrm{E}}$ выражаются через мировую функцию σ_{E} евклидовой геометрии $\mathcal{G}_{\mathrm{E}}$. Заменяя σ_{E} во всех утверждениях геометрии $\mathcal{G}_{\mathrm{E}}$ мировой функции σ физической геометрии $\mathcal{G}$, получаем все утверждения геометрии $\mathcal{G}$, т.е. геометрию $\mathcal{G}$. Операция замены σ_{E} мировой функцией σ представляет собой деформацию геометрии $\mathcal{G}_{\mathrm{E}}$. Такая деформация $\mathcal{G}_{\mathrm{E}}$ очень проста. Она не требует рассмотрения совместимости базовых аксиом, потому что $\mathcal{G}_{\mathrm{E}}$ используется в монистическом представлении, когда существует по существу только одна величина, которая определяет $\mathcal{G}_{\mathrm{E}}$.

Физическая геометрия может описывать дискретную геометрию и геометрию, которая не является непрерывной. Нет необходимости рассматривать топологию как особую науку, потому что все топологические свойства могут быть включены в мировую функцию. Например, если пятимерное пространство-время Калуцы - Клейна рассматривается обычно как риманова геометрия, то получается, что электрический заряд $q = ne_0$, где e_0 есть элементарный заряд, и n есть целое число. Если геометрия пространства-времени Калуцы–Клейна рассматривается как физическая геометрия [18], то электрический заряд $q = \pm e_0$, or $q = 0$. Эксперимент показывает, что электрический заряд элементарной частицы удовлетворяет условию $|q| \leq e_0$. Другими словами,пространственно-временную геометрию Калуцы–Клейна следует описывать как физическую геометрию.

Множество физических геометрий более мощно, чем множество римановых геометрий. Рассмотрим однородную изотропную дискретную геометрию $\mathcal{G}_{\mathrm{d}}$ [5]. Она не является римановой геометрией. Это физическая геометрия $\mathcal{G}_{\mathrm{d}}$, описываемая мировой функцией σ_{d}

$$\sigma_{\mathrm{d}}(P,Q) = \sigma_{\mathrm{M}}(P,Q) + \frac{\lambda_0^2}{2}\mathrm{sgn}\left(\sigma_{\mathrm{M}}(P,Q)\right), \quad \forall P,Q \in \Omega = \Omega_{\mathrm{M}} \tag{2.1}$$

где Ω есть множество точек, на котором задана геометрия. $\lambda_0 =$const есть минимальная длина в $\mathcal{G}_{\mathrm{d}}$. σ_{M} есть мировая функция геометрии Минковского $\mathcal{G}_{\mathrm{M}}$. Множество Ω совпадает с множеством Ω_{M}, где задана геометрия Минковского $\mathcal{G}_{\mathrm{M}}$. Легко проверить,что σ_{d} удовлетворяет соотношению (1.5)

$$|\rho_{\mathrm{d}}(P,Q)| \notin (0,\lambda_0), \quad \forall P,Q \in \Omega_{\mathrm{M}}, \quad \rho_{\mathrm{d}} = \sqrt{2\sigma_{\mathrm{d}}} \tag{2.2}$$

т.е. λ_0 есть минимальная длина в $\mathcal{G}_{\mathrm{d}}$.

Дискретная геометрия $\mathcal{G}_{\mathrm{d}}$ является однородной и изотропной, потому что σ_{d} является функцией от σ_{M}, как это можно видеть из (2.1). Однако, гладких мировых линий частиц в $\mathcal{G}_{\mathrm{d}}$ нет, из-за (2.2). В $\mathcal{G}_{\mathrm{d}}$ мировая линия частицы задается ломаной линией $\mathcal{L}_{\mathrm{br}}$, состоящей из прямолинейных отрезков $\mathcal{T}_{\mathrm{d}[s.s+1]}$

$$\mathcal{L}_{\mathrm{br}} = \bigcup_s \mathcal{T}_{\mathrm{d}[s.s+1]}, \tag{2.3}$$

где $\mathcal{T}_{\mathrm{d}[s.s+1]}$ есть отрезок прямой линии в $\mathcal{G}_{\mathrm{d}}$

$$\mathcal{T}_{\mathrm{d}[s.s+1]} = \left\{ R | \sqrt{2\sigma_{\mathrm{d}}(P_s,P_{s+1})} = \sqrt{2\sigma_{\mathrm{d}}(P_s,R)} + \sqrt{2\sigma_{\mathrm{d}}(R,P_{s+1})} \right\} \tag{2.4}$$

Длина $\left|\mathcal{T}_{\mathrm{d}[s.s+1]}\right|$ всех отрезков одна и та же

$$\left|\mathcal{T}_{\mathrm{d}[s.s+1]}\right| = \mu, \quad s = ...0,1,.. \tag{2.5}$$

Легко проверить, что в собственно евклидовой геометрии $\mathcal{G}_{\mathrm{E}}$ отрезок прямой $\mathcal{T}_{\mathrm{E}[s.s+1]}$ между точками P_s и P_{s+1} описывается соотношением (2.4) с σ_{d} замененной евклидовой мировой функцией σ_{E}. Отрезок $\mathcal{T}_{\mathrm{d}[s.s+1]}$ в $\mathcal{G}_{\mathrm{d}}$ выражается через σ_{d} тем же способом, каким отрезок $\mathcal{T}_{\mathrm{E}[s.s+1]}$ в $\mathcal{G}_{\mathrm{E}}$ выражается через σ_{E}. По этой причине (2.4) есть прямолинейный отрезок в $\mathcal{G}_{\mathrm{d}}$.

Для свободной частицы векторы $\mathbf{P}_s\mathbf{P}_{s+1}$ и $\mathbf{P}_{s+1}\mathbf{P}_{s+2}$, связанные со смежными звеньями равны ($\mathbf{P}_s\mathbf{P}_{s+1}\mathrm{eqv}\mathbf{P}_{s+1}\mathbf{P}_{s+2}$). Это означает, что

$$\sigma(P_s,P_{s+1}) = \sigma(P_{s+1},P_{s+2}), \quad s = ...-1,0,1,... \tag{2.6}$$

$$(\mathbf{P}_s\mathbf{P}_{s+1}.\mathbf{P}_{s+1}\mathbf{P}_{s+2}) = 2\sqrt{\sigma\left(P_s, P_{s+1}\right)\sigma\left(P_{s+1}, P_{s+2}\right)}, \quad s = ...-1, 0, 1, ... \tag{2.7}$$

где $(\mathbf{P}_s\mathbf{P}_{s+1}.\mathbf{P}_{s+1}\mathbf{P}_{s+2})$ есть скалярное произведение векторов $\mathbf{P}_s\mathbf{P}_{s+1}$ и $\mathbf{P}_{s+1}\mathbf{P}_{s+2}$

$$(\mathbf{P}_s\mathbf{P}_{s+1}.\mathbf{P}_{s+1}\mathbf{P}_{s+2}) = \sigma\left(P_s, P_{s+2}\right) + \sigma\left(P_{s+1}, P_{s+1}\right) - \sigma\left(P_s, P_{s+1}\right) - \sigma\left(P_{s+1}, P_{s+2}\right) \tag{2.8}$$

Скалярное произведение в $\mathcal{G}_{\mathrm{d}}$ имеет вид (2.8), потому что скалярное произведение $(\mathbf{P}_s\mathbf{P}_{s+1}.\mathbf{P}_{s+1}\mathbf{P}_{s+2})$ in $\mathcal{G}_{\mathrm{E}}$ имеет тот же вид (2.8) σ замененным на σ_{E}.

Уравнения (2.6), (2.7) являются динамическими уравнениями для свободной частицы. Они выполнены в любой точке P_{s+1}. Вообще говоря, уравнения (2.6), (2.7) в $\mathcal{G}_{\mathrm{d}}$, где $\sigma = \sigma_{\mathrm{d}}$, имеют много решений, потому что число динамических переменных равно 4, тогда как число динамических уравнений равно 2.Решения в различных точках P_{s+1} не зависимы. В результате форма ломаной $\mathcal{L}_{\mathrm{br}}$ будет неопределенной в $\mathcal{G}_{\mathrm{d}}$. мировая линия свободной частицы будет вихлять [5].

Однако, в геометрии Минковского, где $\sigma = \sigma_{\mathrm{M}}$ уравнения (2.6), (2.7) имеют единственное решение [5], хотя число динамических переменных больше, чем число динамических уравнений. В этом случае мировая линия свободной частицы имеет вид прямой, которая не вихляет.

Таким образом, если используется физическая геометрия пространства-времени, динамические уравнения (2.6), (2.7), которые могут быть записаны так же в виде

$$\sigma\left(P_s, P_{s+1}\right) = \sigma\left(P_{s+1}, P_{s+2}\right), \quad s = ...-1, 0, 1, ... \tag{2.9}$$

$$\sigma\left(P_s, P_{s+2}\right) = 4\sigma\left(P_s, P_{s+1}\right), \quad s = ...-1, 0, 1, ... \tag{2.10}$$

могут описывать детерминированные и стохастические мировые линии свободной частицы. Результат зависит от геометрии пространства-времени.

Это означает, что существует такое представление динамических уравнений, которое одно и то же для детерминированных и стохастических (квантовых) частиц. Это может указывать на то, что классическая механика и квантовая механика могут быть объединены в единую механику с математическим формализмом общим для классической механики и квантовой механики.

Дополнительным аргументом в пользу физической геометрии пространства-времени является тот факт, что в этом случае принцип относительности может быть сформулирован в бескоординатном виде. В самом деле, довольно странно, когда важный физический принцип формулируется с помощью ссылки на преобразования систем координат [20]

В физической геометрии принцип относительности формулируется следующим образом. *Пространственно-временная геометрия описывается единственной пространственно-временной структурой (мировой функцией)*. В нерелятивистском случае пространство-время описывается двумя пространственно-временными структурами: абсолютным расстоянием $S(P,Q)$ и абсолютным временным интервалом $T(P,Q)$. Кроме того бескоординатная формулировка верна в любом пространстве-времени, а не только в пространстве-времени Минковского, как в обычной формулировке.

3 Методы описания

Кажется довольно необычным описывать частицы с помощью динамических уравнений, которые не имеют единственного решения. Стохастические частицы, которые описываются уравнениями (2.9), (2.10), обычно описываются газодинамическими уравнениями. Эти газодинамические уравнения могут быть получены из уравнений (2.9), (2.10) с помощью статистического усреднения. Мы будем ссылаться на описание в виде динамических уравнений (2.9), (2.10) как на базовое представление. Описание в терминах классической газовой динамики будем называть газодинамическим представлением. Заметим, что базовое представление более информативно, чем газодинамическое представление. Нельзя получить базовое представление из газодинамического представления.

Любые газодинамические уравнения могут быть описаны в терминах волновой функции [3]. Если полученное уравнение линейно в терминах волновой функции, такое представление квалифицируется как квантовое представление. В газовой динамике волновая функция является естественным атрибутом газовой динамики, но в квантовой механике волновая функция является аксиоматическим объектом. Линейность динамических уравнений рассматривается как признак квантовой механики. Линейность квантовой механики рассматривается как принцип квантовой механики.

Если молекулы газа взаимодействуют через некоторое силовое поле κ^l, действие имеет вид [4]

$$\mathcal{A}[x,\kappa] = \int_{\xi_0}\int_{V_\xi} \left(-mcK\sqrt{g_{lk}\dot{x}^l\dot{x}^k} - \frac{e}{c}A_l\dot{x}^l\right) d^4\xi, \quad \dot{x}^i = \frac{\partial x^i}{\partial \xi_0} \tag{3.1}$$

$$K = \frac{M}{m} = \sqrt{1+\lambda^2\left(\kappa_l\kappa^l + \partial_l\kappa^l\right)}, \quad \lambda = \frac{\hbar}{mc}, \quad \partial_l \equiv \frac{\partial}{\partial x^l} \tag{3.2}$$

то динамические уравнения в терминах волновой функции линейно. Они совпадают с уравнением Клейна-Гордона. Таким образом, газодинамическое описание может быть истолковано как квантовое описание.

Описывая динамические уравнения в терминах волновой функции [3], можно получить квантовое описание в терминах волновой функции. Хотя получение газодинамического описания из квантового описания было известно с начала XX века [2], получение квантового описания из газодинамического описания стало известно только недавно ([4]). По-видимому, проблема получения квантового описания из газодинамического описания связана с неумением введения волновой функции в газовую динамику.

Любые уравнения динамики могут быть записаны в терминах волновой функции. Но уравнения в терминах волновой функции линейны только для квантовых частиц. Хотя природа волновой функции в газовой динамике совершенно ясна, в квантовой механике природа волновой функции не ясна. Вместо природы волновой функции рассматривают линейность квантовой механики.

В квантовой механике элементарные частицы рассматриваются как точечные объекты, снабженные набором квантовых чисел. С другой стороны классические частицы, соответствующие элементарным частицам оказываются иногда сложными частицами. Пусть дираковская частица $S_{\rm D}$, удовлетворяет уравнению Дирака, клейн-гордоновская частица $S_{\rm KG}$, удовлетворяет уравнению Клейна-Гордона. Классическая частица $S_{\rm Dcl}$, которая соответствует $S_{\rm D}$, имеет другую структуру и число степеней свободы, чем классическая клейн-гордоновская частица $S_{\rm KGcl}$, которая соответствует $S_{\rm KG}$.

Базовое представление более информативно, чем газодинамическое представление и квантовое представление. Базовое представление не может быть получено из квантового представления. Базовое представление имеет более важные свойства. Оно может описывать структуру элементарной частицы. Мировая линия (2.3) может состоять не только из прямолинейных отрезков. Она может состоять из из более сложных геометрических объектов, например, из каркасов $\mathcal{S}^{(n)} = \{P_0^n, P_1^n ... P_n^n\}$

$$\mathcal{L}_{\rm br} = \bigcup_s \mathcal{S}_s^{(n)} \tag{3.3}$$

Все каркасы $\mathcal{S}_s^{(n)}$ предполагаются равными

$$\mathcal{S}_s^{(n)} = \mathcal{S}_{s+1}^{(n)}, \quad s = ...0, 1, ... \tag{3.4}$$

Равенство каркасов $\mathcal{S}_s^{(n)}$ и $\mathcal{S}_{s+1}^{(n)}$ означает

$$(\mathbf{P}_i^n)_s (\mathbf{P}_k^n)_s = (\mathbf{P}_i^n)_{s+1} (\mathbf{P}_k^n)_{s+1}, \quad i, k = 0, 1, ..n \tag{3.5}$$

Кроме того смежные каркасы связаны соотношением

$$(P_n^n)_s = (P_0^n)_{s+1}, \quad s = ...0, 1, ... \tag{3.6}$$

Каркас $\mathcal{S}^{(n)}$ описывает положение физического объекта. Оно не зависит от формы физического объекта [8] sec 10. Используя (3.3), можно описать движение физических объектов, которые не являются точечными. Соотношение (3.3) вместе с (3.4) описывает свободное движение каркаса в направлении вектора $\left(\mathbf{P}_n^{(\mathbf{n})}\right)_s \left(\mathbf{P}_0^{(\mathbf{n})}\right)_{s+1}$. В результате (3.3) описывает движение сложного физического объекта [10]. Это позволяет описывать структуру элементарных частиц. Традиционная квантовая механика не позволяет описывать структуру элементарных частиц. Всякая элементарная частица рассматривается как точечный объект, оснащенный квантовыми числами. Различные элементарные частицы имеют различные наборы квантовых чисел, но все они точечные. Когда экспериментально обнаружили сложную структуру нуклонов, было решено, что нуклоны состоят из кварков, которые не могут существовать вне нуклона. Было бы более разумно рассматривать кварки, как элементы структуры нуклона, но квантовая теория не позволяет этого. Она позволяет рассматривать кварки только как отдельные частицы.

Численное моделирование показало, что базовое представление частицы, описываемой уравнением Дирака содержит трех-точечный каркас $\mathcal{S}^{(3)} = (P_0, P_1, P_2)$. В классическом приближении классическая дираковская частица описывается винтовой линией с времениподобной осью.

Чтобы получить классическое приближение, не нужно обрезать квантовое взаимодействие (например, $\hbar = 0$). Вместо этого используется квази-равновесное состояние, которое обрезает все стохастические взаимодействия, а не только квантовые взаимодействия. Например, средняя скорость броуновской частицы описывается соотношением

$$\mathbf{v} = -\boldsymbol{\nabla} f(\rho) \tag{3.7}$$

Эта скорость обращается в нуль, если $f(\rho)$=const, и состояние броуновской частицы становится равновесным. Равновесное состояние в динамике стохастических частиц может быть создано, когда стохастичность не влияет на среднее движение частиц. Такую ситуацию будем называть динамической расквантизацией [21], [22], [14], [23].

Статистический ансамбль $\mathcal{E}[S_{\mathrm{st}}]$ стохастических систем S_{rmst} является динамической системой. Он описывается системой дифференциальных уравнений в частных производных. В равновесном состоянии члены, содержащие поперечные (трансверсальные) производные, $\partial_{\mathrm{tr}}^{i} = \partial^{l} - \frac{j^{l}j^{k}}{j_{s}j^{s}}\partial_{k}$ малы, потому что они описывают стохастическую составляющую движения. Здесь j^{k} описывает 4-ток частиц. Если в динамических уравнениях заменить все производные ∂^{l} на $\frac{j^{l}j^{k}}{j_{s}j^{s}}\partial_{k}$,

$$\partial^{l} \rightarrow \frac{j^{l}j^{k}}{j_{s}j^{s}}\partial_{k} \tag{3.8}$$

то все трансверсальные производные $\partial_{\mathrm{tr}}^{i}$ будут подавлены, и система уравнений в частных производных превратится в систему обыкновенных дифференциальных уравнений, потому что все производные ∂^{k} будут направлены вдоль j^{k}. Эта система обыкновенных дифференциальных описывает статистический ансамбль $\mathcal{E}[S_{\mathrm{dc}}]$ детерминированных систем S_{dc}. Каждая системаS_{dc} имеет конечное число степеней свободы.

В случае уравнения Шредингера система S_{dc} имеет 6 степеней свободы. В случае уравнения Дирака она имеет 10 степеней свободы. Квантовая постоянная может оставаться параметром системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Детерминистическая динамическая система S_{dc} ассоциируется с квази-классическим приближением стохастической системы S_{st}. Эта процедура (динамическая расквантизация) является *чисто динамической процедурой*, которая устраняет стохастичность любой природы, а не только квантовую стохастичность.

4 Особенности каркасной концепции

Новый подход возник как результат стратегической концепции, когда многие проблемы современной физики рассматриваются как результаты ошибок в основаниях. Главная ошибка – это рассмотрение геометрии пространства-времени как разновидности римановой геометрии. Риманова геометрия не является общим типом геометрии пространства-времени. Геометрия пространства-времени является разновидностью физической геометрии, которая не является, вообще говоря, логическим построением. В физической геометрии отношение эквивалентности, вообще говоря, интранзитивно. В частности, это означает, что если

$$\mathbf{AB} = \mathbf{CD} \wedge \mathbf{CD} = \mathbf{EF} \tag{4.1}$$

то может иметь место соотношение

$$\mathbf{AB} \neq \mathbf{EF} \tag{4.2}$$

Это свойство геометрии пространства-времени позволяет вихлять мировым линиям свободных частиц. В любом логическом построении отношение эквивалентности транзитивно, и решение (4.1), (4.2) невозможно.В самом деле, если в некоторой концепции соотношения (4.1), (4.2) выполняются, то в этой концепции нельзя строить логические заключения. Большинство математиков рассматривают подобную ситуацию как невозможную, потому что в такой концепции нельзя производить логические заключения. Такой подход естественен, потому что возможность делать логические построения важна для математиков. Для математиков важна форма концепции, а не объекты, которые описывает эта концепция.

Результат такого подхода тот, что квантовые явления описываются квантовой механикой, которая является дополнительным построением по отношению к классической механике. Возможное объединение классической механики и квантовой механики в рамках физической геометрии пространства-времени приводит к другому подходу к теории [24] [10] частиц.

Важно сравнить каркасную концепцию с традиционной теорией элементарных частиц. Взаимодействие между двумя подходами напоминает взаимодействие между химией и физикой химических элементов. Химия исследует свойства и реакции различных химических элементов, основываясь на экспериментальных данных без рассмотрения структуры и устройства их атомов. Результатом этих исследований является периодическая система химических элементов. В результате химия и физика исследуют атомы разных точек зрения. Эти два подхода дополняют друг друга.

В случае элементарных частиц традиционный подход является аналогом химического подхода, потому что он не интересуется структурой и устройством элементарных частиц. Результатом этого подхода является стандартная модель элементарных частиц, которая является аналогом периодической системы химических элементов. Наоборот, каркасная концепция является аналогом физического подхода к химическим элементам, потому что она интересуется структурой и устройством элементарных частиц. Традиционный подход и каркасная концепция согласуются, рассматривая элементарные частицы с разных точек зрения.

5 Аргументы в пользу каркасной концепции

Переход от динамических уравнений (2.9), (2.10) для точечной частицы к уравнениям (3.3) для объемной частицы представляется несколько неожиданным. Но положение любого объемного физического тела описывается каркасом, и динамические уравнения для для движения каркаса являются уравнениями движения для физического тела. Можно проверить это на примере частицы, описываемой уравнением Дирака [25].

Согласно [26, 27] γ-матрицы в уравнении Дирака можно рассматривать как гиперкомплексные числа. Будем использовать обозначения [25]

$$\gamma_5 = \gamma^{0123} \equiv \gamma^0\gamma^1\gamma^2\gamma^3, \tag{5.1}$$

$$\boldsymbol{\sigma} = \{\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3,\} = \{-i\gamma^2\gamma^3, -i\gamma^3\gamma^1, -i\gamma^1\gamma^2\} \tag{5.2}$$

где γ^k суть 4×4 матрицы Дирака, удовлетворяющие перестановочным

$$\gamma^i\gamma^k + \gamma^k\gamma^i = 2g^{ik} \tag{5.3}$$

где g^{ik} есть метрический тензор.

Сделаем замену переменных

$$\psi = Ae^{i\varphi + \frac{1}{2}\gamma_5\kappa} \exp\left(-\frac{i}{2}\gamma_5 \boldsymbol{\sigma\eta}\right) \exp\left(\frac{i\pi}{2}\boldsymbol{\sigma}\mathbf{n}\right) \Pi \tag{5.4}$$

$$\psi^* = A\Pi \exp\left(-\frac{i\pi}{2}\boldsymbol{\sigma}\mathbf{n}\right) \exp\left(-\frac{i}{2}\gamma_5 \boldsymbol{\sigma\eta}\right) e^{-i\varphi - \frac{1}{2}\gamma_5\kappa} \tag{5.5}$$

где (*) означает эрмиитово сопряжение, и

$$\Pi = \frac{1}{4}(1+\gamma^0)(1+\mathbf{z}\boldsymbol{\sigma}), \qquad \mathbf{z} = \{z^\alpha\} = \text{const}, \qquad \alpha = 1,2,3; \qquad \mathbf{z}^2 = 1 \tag{5.6}$$

есть делитель нуля. Величины A, κ, φ, $\boldsymbol{\eta} = \{\eta^\alpha\}$, $\mathbf{n} = \{n^\alpha\}$, $\alpha = 1,2,3$, $\mathbf{n}^2 = 1$ представляют собой восемь параметров, определяющих волновую функцию ψ. Эти параметры могут рассматриваться как новые зависимые переменные, описывающие состояние динамической системы $\mathcal{S}_\mathrm{D}$. Величина φ является скаляром, и κ есть псевдоскаляр. Шесть остальных переменных A, $\boldsymbol{\eta} = \{\eta^\alpha\}$, $\mathbf{n} = \{n^\alpha\}$, $\alpha = 1,2,3$, $\mathbf{n}^2 = 1$ могут быть выражены через 4-вектор тока $j^l = \bar{\psi}\gamma^l\psi$ и 4-псевдовектор спина

$$S^l = i\bar{\psi}\gamma_5\gamma^l\psi, \qquad l = 0,1,2,3 \tag{5.7}$$

Из-за двух тождеств

$$S^l S_l \equiv -j^l j_l, \qquad j^l S_l \equiv 0. \tag{5.8}$$

имеется только шесть независимых компонентов среди восьми компонентов величин j^l, и S^l.

Динамические уравнения в терминах динамических переменных $A, \kappa, \varphi, \boldsymbol{\eta} = \{\eta^\alpha\}$, $\mathbf{n} = \{n^\alpha\}$, $\alpha = 1,2,3$, $\mathbf{n}^2 = 1$ не содержат γ-матриц. Производя динамическую расквантизацию [28], получаем динамические уравнения для статистического ансамбля $\mathcal{E}[S_\mathrm{Dcl}]$ динамических систем S_Dcl. Действие для S_Dcl имеет вид

$$\mathcal{S}_\mathrm{Dcl}: \qquad \mathcal{A}_\mathrm{Dcl}[x,\boldsymbol{\xi}] = \int \left\{ -\kappa_0 m\sqrt{\dot{x}^i\dot{x}_i} + \hbar\frac{(\dot{\boldsymbol{\xi}} \times \boldsymbol{\xi})\mathbf{z}}{2(1+\boldsymbol{\xi}\mathbf{z})} + \hbar\frac{(\dot{\mathbf{x}} \times \ddot{\mathbf{x}})\boldsymbol{\xi}}{2\sqrt{\dot{x}^s\dot{x}_s}(\sqrt{\dot{x}^s\dot{x}_s} + \dot{x}^0)} \right\} d\tau_0 \tag{5.9}$$

где $\mathbf{z}$, $\mathbf{z}^2 = 1$ есть постоянный 3-вектор $\kappa_0 = \pm 1$. Будем называть динамическую систему S_Dcl классической дираковской частицей. S_Dcl ассоциируется с дираковской частицей S_D. Динамичиеские уравнения для S_Dcl могут рассматриваться как классическое приближение к S_D. S_Dcl может быть интерпретирована как одна из частиц ротатора. Мировая линия частицы S_Dcl является винтовой линией с вещественной осью. Первый член в (5.9) описывает поступательное движение, тогда как два других описывают вращательную часть движения. Заметим, что два последних члена в (5.9), описывающих вращение являются нерелятивистскими, хотя динамическая расквантизация (3.8), действующая на релятивистскую динамическую систему, оставляет ее релятивистской. В данном случае нерелятивистские члены связаны с исключением γ-матриц [29]. Нерелятивистские члены допускают вращение со скоростью большей скорости света. Вращение в S_{Dcl} ассоциируется со спином и магнитным моментом дираковской частицы S_{D}, которые не исчезают при динамической расквантизации. Квантовая постоянная остается в действии (5.9) также.

Исследование показывает, что уравнение Дирака может быть представлено в виде (3.3) для трехточечного каркаса [30]. Один из векторов каркаса является пространственноподобным. Пространственноподобные векторы допускают большие вихляния, и этот вектор отвечает за вращения. Два другие векторы времениподобны. Они обеспечивают стабилизацию мировой линии каркаса. Был произведен расчет [30] для модели пространства-времени (не для реального пространства-времени). Тем не менее расчет демонстрирует реальные свойства трехточечного каркаса и его роль в описании дираковской частицы.

6 Заключительные замечания

Представлен новый подход к теории элементарных частиц, который позволяет описывать устройство элементарных частиц. Следует подчеркнуть, что объединение классической и квантовой механики и новый подход к элементарным частицам являются результатом исправления ошибки в нашем понимании геометрии пространства-времени, а не результатом каких-то новых идей. Такой путь представляется наиболее надежным. Путь объединения классической и квантовой механики представлен в работе. Остается только определить мировую функцию реальной геометрии пространства-времени в микромире, которая могла бы генерировать квантовую стохастичность. Я надеюсь, что эта проблема будет решена, потому что множество физических геометрий очень мощно, и практически каждая физическая геометрия пространства-времени может генерировать стохастичность.

Список литературы

[1] А.Т.Григорьян, Механика от античости до наших дней, М. Наука, 1971.

[2] E. Madelung, "Quanten theorie in hydrodynamischer Form *Z.Phys.* **40,** 322-326, (1926).Rylov Yu.A., (2016) Motion of free particle in a discrete space-time geometry . Int.J.Theor. Phys. 55(11), 4852-4865, (2016) DOI 10.1007/s10773-016-3109-5

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

[4] Yu.A.Rylov Gas dynamics as a tool for description of nondeterministic particles *Int.J.Theor. Phys.*, **55**, iss 5, 2621-2632, (2016) DOI 10.1007/s10773-015-2897-3

[5] Yu.A.Rylov , Dynamic equations for motion of free particle in a discrete space-time geometry. *Int.J.Theor. Phys.* **55** (11), 4852-4865, (2016) DOI 10.1007/s10773-016-3109-5

[6] Yu.A.Rylov. Logical reloading. What is it and what is a profit from it? *Int. J. Theor, Phys.* **53**, iss. 7, pp.2404-2433, (2014), DOI: 10.1007/s10773.014.2039 .3

[7] Yu.A. Rylov, Nature of some conceptual problems in geometry and in the particle dynamics *GJSFR-A Volume **16** Issue 6 Version 1.0, (2017)*

[8] Yu. A.Rylov, Structural approach to the elementary particle theory. *In Space-Time Ggeometry and Quantum Events* Ed.Ignazio Licata. pp.227-315, Nova Science Publishers,(2014) Inc. ISBN 978-1-63117-455-1

[9] Yu. A.Rylov, Structural approach to the elementary particle theory. In *Space-Time Ggeometry and Quantum Events* Ed.Ignazio Licata. pp.227-315, Nova Science Publishers,(2014) Inc. ISBN 978-1-63117-455-1

[10] Yu. A.Rylov, The way to skeleton conception of elementary particles *Global J.of Science Frontier Research*, vol.**14**, iss. 7, ver.1, 43-100, (2014)

[11] Yu.A.Rylov, Metrical conception of the space-time geometry *Int. J. Theor, Phys.* **54**, iss.1, 334-339, (2014), DOI: 10.1007/s10773-014-2228-0.

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

[13] Yu. A. Rylov, Tubular geometry construction as a reason for new revision of the space-time conception. (Printed in What is Geometry? *polimetrica Publisher, Italy, pp.201-235* http://www.polimetrica.com/polimetrica/406/)

[14] Yu. A. Rylov, Formalized procedure of transition to classical limit in application to the Dirac equation. (Report at 6th conference "Symmetry in nonlinear mathematical physics", Kiev, June 2005), *e-print/abs/physics/0507183*

[15] Yu. A.Rylov, Coordinateless description and deformation principle as a foundations of physical geometry. *e-print* /abs/math.GM/0312160.

[16] Yu.A. Rylov, Geometry without topology as a new conception of geometry. *Int. Jour. Mat. & Mat. Sci.* **30**, iss. 12, 733-760, (2002), *e-print* /abs/math.MG/0103002.

[17] Yu.A.Rylov, Geometry without topology. *e-print* /abs/math.MG/0002161.

[18] Yu. A. Rylov, Discriminating properties of compactification in discrete uniform isotropic space-time. *e-print /abs/0809.2516v2*

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

[20] Yu.A. Rylov, Relativity principle in coordinate free presentation. *Report at PIRT2015 Physical Interpretation of Relativity Theory: Proceedings of International Meeting. Bauman Moscow State Technical University, Moscow*, 29 June-02 July, 2015. – Moscow : BMSTU, 2015. . pp 447-452.

[21] Yu.A. Rylov, Dynamic disquantization of Dirac equation. *e-print /abs/quant-ph/0104060.*

[22] Yu. A. Rylov, Dynamical methods of investigations in application to the Schroedinger particle. *Vestnik RUDN ser. mathematics, informatics, physics*, iss. 3-4, pp. 122-129, (2007). See also *e-prit /abs/physics/0510243.*

[23] Yu. A. Rylov, Dynamical methods of investigation in application to the Dirac particle. *e-print* /abs/physics/0507084.

[24] Yu. A. Rylov, Physics geometrization in microcosm: discrete space-time and relativity theory, (Review) *Hypercomplex numbers in physics and geometry* **8**, iss. *2 (16,) pp.88-117 (2011).* (In Russian). English version in *e-print /1006.1254v2*

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

[26] F. Sauter, *Zs. Phys.* **63,** 803, (1930), **64**, 295, (1930).

[27] A. Sommerfeld, *Atombau and Spektrallinien.* bd.2, Braunschweig, 1951.

[28] Yu.A. Rylov, Dynamic disquantization of Dirac equation. *e-print* /abs/quant-ph/0104060.

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

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