

98-39



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P2-98-39

Г.Н.Зорин, А.Г.Зорин*

СИММЕТРИЧНОСТЬ СООТНОШЕНИЙ
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ГЕЙЗЕНБЕРГА
ОТНОСИТЕЛЬНО РАЗМЕРНОСТЕЙ
ФИЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Направлено в журнал «Annales de l'Institut Henri Poincaré»

*Московский государственный университет

1998

ВВЕДЕНИЕ

Согласно Дираку [1]: «Относительно нынешней ситуации в квантовой теории поля следует отдавать себе отчет в том, что она очень похожа на квантовую теорию до Гейзенберга. Физики заблуждаются, непрерывно пытаются развить физические идеи, к которым они привыкли: это идеи, обычно выражаемые на языке диаграмм Фейнмана». Он полагает, «что полное доверие к диаграммам Фейнмана и попытки введения искусственных процедур перенормировок, чтобы обойти трудности, сродни той ошибке, которую совершал» он «в 1924—1925 годах, цепляясь за боровские орбиты. На самом деле нужна математика нового типа. Необходимы новые уравнения, которые выражали бы взаимодействие между основными величинами в физике; не следует упрямо придерживаться привычных идей, пытаться выехать на них». Кроме этого, Дираку [2] представляется «весьма вероятным, что когда-нибудь в будущем появится улучшенная квантовая механика, в которой будет содержаться возврат к причинности и которая оправдает точку зрения Эйнштейна. Но такой возврат к причинности может стать возможным лишь ценой отказа от какой-нибудь другой фундаментальной идеи, которую сейчас безоговорочно принимают. И можно лишь гадать, какая идея должна быть принесена в жертву».

В работе проделана попытка обобщить квантовую механику в указанном Дираком направлении.

1. ИНЕРЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ КАК ОБОБЩЕНИЕ СТО НА МИКРОМИР

Согласно Эйнштейну [3], учитывая основополагающую роль теории относительности совместно с квантовой механикой в формировании современных представлений в физике, следует иметь в виду, что «построение СТО в определенном смысле нелогично, так как теория масштабов и часов не следует из решений основных уравнений, несмотря на атомарную структуру самих масштабов и часов и участие их в движении». Последнее приводит «к отде-

лению свойств кинематических масштабов и часов в СТО от всего мира физических явлений».

Во-первых, для построения СТО понадобились абсолютно жесткие масштабы, отсутствующие в реальном мире [4,5]. Во-вторых, атомные часы, представляющие собой современный эталон частот, не являются эйнштейновскими часами [4,5], условия работы которых требуют широкой полосы частот, необходимой для излучения коротких сигналов, чтобы точно измерять промежутки времени между их посылкой и возвращением к наблюдателю [5]. В-третьих, сама операция синхронизации часов, введенная Эйнштейном для построения СТО [4], как установлено [6], не является релятивистски инвариантной, а является галилей-инвариантной.

Операция синхронизации часов Эйнштейна использует луч света в направлении движения со скоростью, превышающей скорость света на относительную скорость, а в обратном направлении — со скоростью света, меньшей на эту же относительную скорость, что уже само по себе противоречит «постоянству скорости света в пустоте», лежащему в основе этой теории:

$$t'_A - t_A = \frac{l_{AB}}{c+v} - \frac{l_{BA}}{c-v} = \frac{2l/c}{1 - \frac{v^2}{c^2}}. \quad (1.1)$$

Обозначим

$$c+v \equiv V_1, \quad c-v \equiv V_2. \quad (1.2)$$

Тогда (1.1) переапишется следующим образом:

$$t'_A - t_A = l / \frac{V_1 V_2}{V_1 + V_2} \quad (1.3)$$

в полном соответствии с определением промежутка времени в пространстве-времени Галилея [6]:

$$x'x'' - vV^*t't'' = x^*x^* - vV^*t^*t'', \quad (1.4)$$

в котором пространственноподобную группу преобразований образуют преобразования

$$\begin{cases} x' = x - vt; \\ t' = t \end{cases} \quad (1.5)$$

с правилом сложения групповых скоростей

$$v'' = v + v', \quad (1.6)$$

а времениподобную группу представляют преобразования

$$\begin{cases} x^{**} = x^*; \\ t^{**} = t^* - \frac{1}{V}x^* \end{cases} \quad (1.7)$$

с правилом сложения фазовых скоростей

$$V'' = \frac{VV'}{V+V'}. \quad (1.8)$$

Наличие произвольной универсальной скорости в полном пространстве Галилея (1.4) физически оправдано существованием граничных скоростей звука в различных средах, превышение которых движущимся телом в таких средах образует волновой фронт в виде конуса Маха.

В связи с тем, что системы отсчета всегда находятся в среде, «постоянство скорости света» в смысле «эйнштейновской синхронизации часов»

$$c_{\text{групповое}} = c_{\text{фазовое}} \quad (1.9)$$

верно только на световом конусе в отличие от условия универсальности

$$vV = v'V', \quad (1.10)$$

полученного в рамках обобщения СТО на микромир в соответствии с корпускулярно-волновым дуализмом де Бройля [7], который, используя связь групповой и фазовой скоростей

$$vV = c^2, \quad (1.11)$$

где

$$d\omega/dk = v \quad (1.12)$$

и

$$\omega/k = V, \quad (1.13)$$

получил доказательства волновых свойств электрона помимо корпускулярных, исходя из гипотезы о справедливости равенства

$$hv = m_0c^2, \quad (1.14)$$

как для неподвижного, так и для движущегося наблюдателя [8].

При обобщении получены преобразования Лоренца без скорости света в соответствии с выводом Пуанкаре и Минковского о единстве пространства-времени и корпускулярно-волновым дуализмом де Бройля:

$$\begin{cases} x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v}{V}}}; \\ t' = \frac{t - \frac{1}{V}x}{\sqrt{1 - \frac{v}{V}}}. \end{cases} \quad (1.15)$$

Две параметризации такой группы адекватны соответственно правилу сложения групповых скоростей

$$v'' = \frac{v + v'}{1 + \frac{v v'}{V}} \quad (1.16)$$

и фазовых

$$V'' = \frac{1 + \frac{v}{V'}}{\frac{1}{V} + \frac{1}{V'}}. \quad (1.17)$$

Обобщенное пространство-время Минковского с условием универсальности (1.10) обладает двумя группами изометрий:

$$ds = dx \mp \sqrt{vV} dt, \quad (1.18)$$

$$ds^2 = dx^2 - vV dt^2. \quad (1.19)$$

Пространственно-временные вращения (1.19) инвариантны относительно преобразований (1.15), а пространственно-временные сдвиги (1.18) — относительно преобразований

$$\begin{cases} x' = \frac{x \mp vt}{1 \pm \sqrt{\frac{v}{V}}}; \\ t' = \frac{t \mp \frac{1}{V}x}{1 \pm \sqrt{\frac{v}{V}}}, \end{cases} \quad (1.20)$$

образующих подгруппу группы Пуанкаре с параметризацией (1.16) и (1.17), что в совокупности в таком обобщенном пространстве-времени превращает единство пространства-времени из полудекларации в реальность [9].

В таком пространстве-времени все физические законы будут инвариантны в согласии с опытом относительно сдвигов во времени, переноса в пространстве, вращения в пространстве-времени и преобразований движения, сос-

тавляющих содержание группы Пуанкаре. Помимо этого в таком пространстве-времени будет инвариантным и протяженный пространственно-временной процесс $(x_n, t_n; x_m, t_m)$ [6]:

$$\frac{(x_n - vt_n)}{\sqrt{1 - \frac{v}{V}}} \cdot \frac{(x_m - vt_m)}{\sqrt{1 - \frac{v}{V}}} - vV \frac{(t_n - \frac{1}{V}x_n)}{\sqrt{1 - \frac{v}{V}}} \cdot \frac{(t_m - \frac{1}{V}x_m)}{\sqrt{1 - \frac{v}{V}}} = x_n x_m - vV t_n t_m. \quad (1.21)$$

В результате времениподобные координаты связаны с фазовой скоростью, а пространственноподобные — с групповой. Такое разделение соответствует гипотезе де Бройля о корпускулярно-волновых свойствах элементарных частиц [8]. И, как следует из (1.18) и (1.19), синхронизация часов по фазе должна одновременно сопровождаться пространственной координатной привязкой пространственно-временного события, что в согласии как с единством пространства-времени, так и с требованием принципа дополнительности Бора. Сама процедура релятивистски инвариантной юстировки пространственно-временных интервалов в инерциальных системах отсчета с получением преобразований Лоренца разработана в работах [6, 10].

В обобщенном пространстве-времени Минковского (1.18), (1.19) с условием универсальности (1.10) с учетом (1.11) снимается противоречие между тензорами энергии-импульса Минковского и Абрагама [9]. Так, в среде с показателем преломления n , по Минковскому, связь между импульсом и энергией фотона задается формулой

$$P^{(M)} = nE/c, \quad (1.22)$$

а по Абрагаму —

$$P^{(A)} = E/nc. \quad (1.23)$$

Так как для фотона, также обладающего корпускулярно-волновыми свойствами, групповая скорость на световом конусе должна быть равна фазовой, то произведение двух скоростей из соотношений (1.22) и (1.23)

$$(c/n)(nc) = c^2 \quad (1.24)$$

однозначно указывает, согласно (1.11), что тензор Минковского содержит групповую скорость фотона в среде, а тензор Абрагама — его фазовую скорость, если

$$n \geq 1. \quad (1.25)$$

Таким образом, каждый из тензоров соответствует проявлению одного из свойств фотона: корпускулярного или волнового. Тогда импульс фотона, участвующего в комптоновском рассеянии на электронах, отличается от импульса дифрагирующего фотона согласно (1.22) и (1.23).

Кроме этого, существует запрет на всякую теорию гравитации в рамках СТО, так как, согласно радиоастрономическим данным, наблюдается зависимость скорости света от гравитационного потенциала вопреки «постоянству скорости света» [11]. В случае обобщения СТО на микромир в соответствии с корпускулярно-волновым дуализмом де Бройля условие универсальности может выполняться и в случае такой зависимости [12].

Следовательно, в реальном мире частным образом можно говорить только о «постоянстве квадрата скорости света» [6].

Чтобы избавиться от неопределенности в отождествлении фиксированного параметра в обобщенных преобразованиях Лоренца из-за условия универсальности, в [9] приведены убедительные аргументы, что как существование граничной скорости для звука в среде представляет собой следствие свойств самой среды, так и ограничение на скорость света в пустоте является характеристикой пространства-времени, потому что луч света обязан находиться в этом же пространстве-времени, если оно реально, а не в «пустоте» из-за ее физической бессодержательности как понятия.

Например, пусть протон движется со скоростью $0,5c$ относительно физической системы отсчета, а его виртуальный глюон вылетает со скоростью $2c$ — никто не запретит в поле ядерного заряда двигаться глюону с такой скоростью без нарушения соотношения неопределенности Гейзенберга (лишь только Δt будет в два раза меньше). Тогда переносная скорость глюона относительно системы отсчета

$$v'' = \frac{0,5c + 2c}{1 + \frac{0,5c \cdot 2c}{c^2}} = 1,25c \quad (1.26)$$

будет превышать скорость света, так как сама формула (1.26) не имеет экстремума по отношению к v'' . Она работает правильно, если наложить условие на

$$v, v' \leq c. \quad (1.27)$$

Поэтому в [9] обобщен релятивистский принцип относительности в следующей форме: независимость физических законов от перехода в другую систему отсчета обусловлена универсальностью ограничения на относительную скорость таких систем, наложенного свойствами масштабов и часов, так как только совокупность их составляет пространственно-временную реальность.

Такое обобщение позволило получить все, что изложено выше, как частность, а также на примере эффекта Доплера установить новое измерение с размерностью радиан благодаря введению еще одной относительности — относительности «сближения» и «удаления» систем отсчета по отношению друг к другу [9,12]:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \hat{\rho}^* = \frac{\hat{\rho} + vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{V_0^2}}}; & \check{\rho}^* = \frac{\check{\rho} - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{V_0^2}}}; \\ \hat{k}^* = \frac{\hat{k} + \frac{v}{V_0} \hat{k}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{V_0^2}}}; & \check{k}^* = \frac{\check{k} - \frac{v}{V_0} \check{k}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{V_0^2}}}; \\ \hat{t}^* = \frac{\hat{t} + \frac{v}{V_0^2} \hat{\rho}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{V_0^2}}}; & \check{t}^* = \frac{\check{t} - \frac{v}{V_0^2} \check{\rho}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{V_0^2}}}, \end{array} \right. \quad (1.28)$$

где ρ, k, t подобны координатам Лагранжа.

Относительно таких преобразований будет инвариантен инерциальный пространственно-временной интервал

$$ds^{*2} = d\hat{\rho}^{*2} + d\check{k}^{*2} + V_0^2 d\check{t}^{*2}, \quad (1.29)$$

где V_0 — скорость течения времени согласно обобщению принципа относительности.

Третье измерение k^* получено следующим образом. Как известно, преобразования Лоренца в СТО на примере эффекта Доплера исключают выделенность одной из систем отсчета по отношению к другой из-за зависимости такого эффекта только от их относительной скорости. Но одновременно с этим преобразования Лоренца, в принципе, не запрещают установления абсолютности сближения и удаления их по отношению друг к другу. При сближении измеряемая частота превышает эталонную частоту, а при удалении, наоборот, эталонная частота всегда превышает измеряемую, если в каждой из таких систем помещены идентичные вибраторы и частотомеры.

Несмотря на логичность такого вывода в рамках СТО, он находится в противоречии с реальностью, так как когда, например, частотомер удаляется от вибратора вдоль земного экватора, он при этом одновременно сближается с вибратором в том же направлении и с такой же скоростью. Следовательно, сближение и удаление вибратора и частотомера не абсолютны, а всегда относительны вопреки выводу, который можно сделать в рамках СТО [9].

Последнее находится в полном соответствии с доплеровским отношением частот для одной и той же волны, приходящей от одного источника с про-

тивоположных сторон в одну реальную точку в другой системе отсчета. Сама по себе инвариантность фазы плоской волны с сохранением ее частоты относительно преобразований (1.28) утверждает такую же эквивалентность направлений пространственно-временных сдвигов, что и группа Пуанкаре в релятивистской кинематике [13].

«Искривленность» инерциального пространства-времени (1.28) из-за наличия в нем относительности «сближения» и «удаления», которая может быть, если рассматривать ее с позиции ОТО, результатом соответствия инерциального пространства-времени (1.28) с интервалом (1.29) полю постоянного гравитационного ускорения.

Установим размерность нового измерения k . Найдем действие для материальной (м.) точки, инвариантное относительно преобразований (1.28).

Так как, согласно Гауссу, можно представить

$$(ds^*)^2 / dt^* = \dot{L} dt^*, \quad (1.30)$$

где \dot{L} — функция Лагранжа,

$$\frac{(ds^*)^2}{dt^*} = \frac{d\rho^*}{dt^*} d\rho^* + \frac{4r_0^2}{\pi^2} \frac{dk^*}{dt^*} dk^* + V_0^2 dt^*, \quad (1.31)$$

где множитель $(4r_0^2/\pi^2)$ связан с конкретной окружностью. Если м. точка будет находиться в потенциальном поле, то ее изменение действия при взаимодействии

$$dS^* = \frac{(ds^*)^2}{dt^*} = \frac{\partial S^*}{\partial \rho^*} d\rho^* + \frac{\partial S^*}{\partial k^*} dk^* + \frac{\partial S^*}{\partial t^*} dt^*. \quad (1.32)$$

Тогда из сравнения (1.32) с (1.31) можно получить систему уравнений

$$\frac{\partial S^*}{\partial \rho^*} = d\rho^* / dt^*; \quad \frac{\partial S^*}{\partial k^*} = (4r_0^2/\pi^2) dk^* / dt^*; \quad \frac{\partial S^*}{\partial t^*} = V_0^2, \quad (1.33)$$

описывающую изменение импульса м. точки, ее момента и энергии при взаимодействии.

Такое изменение действия м. точки, как легко видеть, инвариантно относительно преобразований

$$\left\{ \begin{array}{ll} \hat{\rho}^* = \frac{\hat{\rho} + v\hat{t}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{V_0^2}}}; & \check{\rho}^* = \frac{\check{\rho} - (v/V_0^2)\check{E}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{V_0^2}}}; \\ \hat{k}^* = \frac{\hat{k} + (v/V_0)k}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{V_0^2}}}; & \check{k}^* = \frac{\check{k} - (v/V_0)\check{I}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{V_0^2}}}; \\ \hat{t}^* = \frac{\hat{t} + (v/V_0^2)\hat{\rho}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{V_0^2}}}; & \check{E}^* = \frac{\check{E} - v\check{p}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{V_0^2}}}. \end{array} \right. \quad (1.34)$$

Такая инвариантность $(ds^*)^2$ соответствует трем законам сохранения: импульса, момента и энергии. Следовательно, третье измерение k имеет размерность радиан из-за связи с законом сохранения момента.

Для определенности в интерпретации полученных результатов определим материю как объективную реальность, представляющую мир количественным проявлением своих свойств в различных формах и наблюдаемую по изменению такого проявления [12].

Согласно данному здесь определению материи, решения системы уравнений (1.33) и будут наблюдаемыми, так как представляют собой изменение ее количественного проявления. Значит, такие изменения импульса, момента и энергии составляют соответственно меры измерения интервалов длины, угла и времени из-за принадлежности к различным системам отсчета. Например, измерение одновременно изменения энергии материальной точки и интервала времени, за которое произошло это изменение в инерциальном пространстве-времени с интервалом (1.29), сводится к наблюдению изменения одного лишь измерения из-за принадлежности $(\hat{\rho}, \hat{k}, \hat{t})$ и $(\check{\rho}, \check{k}, \check{t})$ к различным системам отсчета. И в этом смысле СТО в пространстве-времени Минковского сводится к двум измерениям, спроецированным на 4-ортогональный базис.

Таким образом, проделанное обобщение и есть обобщение СТО на микромир, в котором существует запрет на одновременное измерение канонически сопряженных динамических переменных. И если в квантовой механике отсутствует запрет на одновременное измерение ΔE и Δt из-за отсутствия оператора времени — есть только понимание необходимости такого запрета, то в инерциальном пространстве-времени (1.34) из-за относительности «сближе-

ния» и «удаления» систем отсчета между собой иные возможности измерений просто отсутствуют.

2. ОПЕРАЦИЯ СИММЕТРИЗАЦИИ СООТНОШЕНИЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Если в классической физике при изучении явлений макроскопического масштаба можно учесть воздействие, связанное с измерением, из-за разделения пространственноподобных (1.5) и времениподобных (1.7) динамических переменных на две подгруппы группы Галилея в пространстве-времени (1.4), то в квантовой механике из-за корпускулярно-волновой природы света и микрочастиц материи такие переменные (1.15) образуют единство пространства-времени (1.18), (1.19) в инерциальном пространстве-времени с интервалом (1.29). Поэтому измерения квантовых эффектов всегда ограничены соотношениями неопределенности Гейзенберга (2.1)—(2.3) с учетом физических соотношений де Бройля (2.4) и Планка—Эйнштейна (2.5):

$$\Delta p \Delta \rho \geq \frac{1}{2} \hbar; \quad (2.1) \quad \vec{p} = \hbar \vec{k}; \quad (2.4)$$

$$\Delta I_p \Delta \Theta \geq \frac{1}{2} \hbar; \quad (2.2)$$

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{1}{2} \hbar; \quad (2.3) \quad E = \hbar \omega. \quad (2.5)$$

В микромире согласно принципу дополнительности Бора микробъект проявляет себя во взаимодействии с классическим прибором, из рассмотрения которого выводятся свойства микробъекта, а предсказания теории формируются как ожидаемые результаты взаимодействия в виде квадрата амплитуды плотности вероятности или решений уравнения Гейзенберга

$$i\hbar \frac{du}{dt} = uH - Hu, \quad (2.6)$$

или решения альтернативного уравнения Шредингера

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = H\psi, \quad (2.7)$$

где H выступает уже в роли оператора в гильбертовом фазовом пространстве, а ψ -функция всегда нормирована — Природа делает выбор [14].

Установлено [10], что кинематику электрона в связанном состоянии без пространственной траектории, а только с фазовой (2.7), составляет времениподобная группа движения Галилея (1.7), а измерения динамических переменных производятся в пространственноподобных координатах Галилея в соответствии с принципом дополнительности Бора, и поэтому работают соотно-

шения неопределенности, так как канонически сопряженными переменными в пространстве-времени (1.4) могут быть только пары соответственно пространственноподобных и времениподобных переменных.

Проведем операцию симметризации соотношений неопределенности (1.1), (2.2), (2.3) относительно размерностей физических измерений (1.34), домножив левые и правые части неравенств на 2π и введя комптоновскую длину волны электрона λ_0 в (1.1), период циклической частоты электрона t_0 в (1.3) и 2π в (1.2):

$$\Delta p (2\pi \Delta \rho) \geq \frac{1}{2} \hbar \left(\frac{2\pi}{\lambda_0} \right) \lambda_0; \quad \rightarrow 2\pi \frac{1}{\lambda_0} = 2\pi k; \quad (2.8)$$

$$\Delta I_p (2\pi \Delta \Theta) \geq \frac{1}{2} \hbar \left(\frac{2\pi}{2\pi} \right) 2\pi; \quad \rightarrow 2\pi \frac{1}{2\pi} = 2\pi \kappa; \quad (2.9)$$

$$\Delta E (2\pi \Delta t) \geq \frac{1}{2} \hbar \left(\frac{2\pi}{t_0} \right) t_0; \quad \rightarrow 2\pi \frac{1}{t_0} = 2\pi \nu. \quad (2.10)$$

В результате из-за равноправия соотношений неопределенности между собой (2.8)—(2.10) следует признать: как «угловое число» подобно волновому и частоте, так и наличие физической размерности радиан в соотношении (2.9) подобно размерностям длины и времени соответственно в соотношениях (2.8) и (2.10). Таким образом, операция симметризации переводит соотношения неопределенности в инерциальное пространство-время (1.34).

Если перейти к строгому равенству в соотношениях неопределенности (2.8)—(2.10):

$$(2.11) \quad 2\pi \Delta \rho_0 = \hat{\rho}_0; \quad \leftarrow \check{\rho}_0 \hat{\rho}_0 = \frac{1}{2} (\hbar k_0) \lambda_0 \rightarrow \rho_0^* = \hbar k_0; \quad (2.14)$$

$$(2.12) \quad 2\pi \Delta \Theta_0 = \hat{\Theta}_0; \quad \leftarrow \check{\Theta}_0 \hat{\Theta}_0 = \frac{1}{2} (\hbar \kappa_0) 2\pi \rightarrow \Theta_0^* = \hbar \kappa_0; \quad (2.15)$$

$$(2.13) \quad 2\pi \Delta t_0 = \hat{t}_0; \quad \leftarrow \check{E}_0 \hat{t}_0 = \frac{1}{2} (\hbar \nu_0) t_0 \rightarrow E_0^* = \hbar \nu_0, \quad (2.16)$$

формулы (2.14) и (2.16) с постоянной \hbar в представлении Планка, а не в представлении Дирака, оправданном в фазовом пространстве, экспериментально проверены именно в представлении Планка, составляют физическое содержание корпускулярно-волновой природы электрона де Бройля. Тогда (2.15) не что иное как квантово-механический волчок — тот самый физический объект, проявляющий себя в корпускулярной или волновой форме во взаимодействии с классическим прибором в полном соответствии с принципом дополнительности Бора.

Следовательно, соотношения (2.14)—(2.16) определяют инерциальные пространственно-временные размеры такого квантово-механического волчка, а соотношения неопределенности составляют физическое содержание атомных масштабов и часов в квантовой механике и устанавливают граничную область, по отношению к которой могут существовать классические явления.

Таким образом, в инерциальном пространстве-времени (1.34) с интервалом (1.29) становятся различимы между собой состояние элементарного инерциального пространственно-временного события (например, электрона) и связанное состояние инерциальных пространственно-временных событий (состояние вещества — твердого тела) в соответствии с опытом: макросвойства твердого тела не адекватны микрохарактеристикам элементарных объектов, например, электронов, связывающих между собой атомы в твердое тело. Это выражено в равноправии преобразований Лоренца (ПЛ) (1.15) с интервалами (1.18) и (1.19) с преобразованиями Галилея (ПГ) (1.5), (1.7) с интервалом (1.4) в таком обобщенном пространстве-времени Минковского из-за невозможности перейти от ПЛ к ПГ при условии универсальности (1.10) [6], так как

$$\lim_{\substack{v \rightarrow 0 \\ V \rightarrow \infty}} (vV) \rightarrow \text{const} \quad (2.17)$$

переводит все указанные выше преобразования в преобразования Евклида [7]:

$$\begin{cases} x' = x; \\ t' = t. \end{cases} \quad (2.18)$$

Тогда содержание классических законов движения в разложении релятивистских законов в ряд Тейлора свидетельствует не о приближенном их характере, а указывает на возможность или участие микрообъектов, из которых состоит твердое тело, в его внешнем перемещении вместе с твердым телом помимо внутренних движений в самом теле согласно остальным членам разложения. Поэтому в инерциальном пространстве-времени должны существовать законы превращения, например, механической энергии в электромагнитную и т.д. [6].

Чтобы привести в соответствие с квантовой механикой некоммутирующие канонически сопряженные динамические переменные (2.11)—(2.13), требуется в обязательном порядке записать их в виде векторных произведений, что естественно в этом случае:

$$\left[\hat{\rho}_0, \check{p}_0 \right] = \frac{1}{2} h \sigma_\lambda; \quad (2.19)$$

$$\left[\hat{\Theta}_0, \check{I}_0 \right] = \frac{1}{2} h \sigma_\kappa; \quad (2.20)$$

$$\left[\hat{t}_0, \check{E}_0 \right] = \frac{1}{2} h \sigma_t. \quad (2.21)$$

Векторная запись соотношения (2.21) оправдана существованием вектора Умова для плотности механической энергии и вектора Пойтинга для плотности электромагнитной энергии, а также присутствием в термодинамике «стрелы времени» от прошлого к будущему, накладывающей запрет на реализацию «перпетуума мобиле» второго рода. Такая запись будет существенной в дальнейшем развитии проделанного обобщения квантовой механики при снятии вырождения с состояний термодинамических равновесных квантово-механических связанных систем в виде инерциально-пространственно-временных структур с конечным временем жизни в рамках «горячей Вселенной» Гамова.

Тогда

$$\left[\hat{\rho}_0, \check{p}_0 \right] - \left[\check{p}_0, \hat{\rho}_0 \right] = h \sigma_\lambda; \quad (2.22)$$

$$\left[\hat{\Theta}_0, \check{I}_0 \right] - \left[\check{I}_0, \hat{\Theta}_0 \right] = h \sigma_\kappa; \quad (2.23)$$

$$\left[\hat{t}_0, \check{E}_0 \right] - \left[\check{E}_0, \hat{t}_0 \right] = h \sigma_t. \quad (2.24)$$

В результате можно воспользоваться уравнением Гейзенберга (2.6) для получения градуировки часов, учитывая принадлежность \check{E}_0 (2.24) к квантово-механическому волчку:

$$i\hbar \frac{d\hat{t}}{dt} = \left[\hat{t}, \check{E}_0 \right] - \left[\check{E}_0, \hat{t} \right] = h \sigma_t; \rightarrow \frac{d\hat{t}}{dt} = -2\pi i \sigma_t. \quad (2.25)$$

Отсутствие градуировки часов в единстве с градуировкой масштабов, например, в СТО [4], как установлено [9,6], составляет причину «релятивистского парадокса часов».

3. ПРИСУТСТВИЕ В ЦИКЛОИДАЛЬНОМ РЕШЕНИИ УРАВНЕНИЯ ЭЙЛЕРА КВАНТОВО-МЕХАНИЧЕСКОГО ВОЛЧКА

Градуировку часов (2.25) в единстве с градуировкой масштабов содержит решение уравнения Эйлера в вариационной задаче, поставленной согласно обобщению принципа Маха для установления соответствия между инерцией и полем гравитационного ускорения в инерциальном пространстве-времени (1.34) с интервалом (1.29) с целью получения единой градуировки масштабов

и часов: инерция вызвана воздействием усредненного гравитационного поля, индуцированного Метагалактикой, на м. точку при ее движении за кратчайшее время из-за постоянства течения такого времени и сохранения сил указанного воздействия [12]. Такая постановка задачи устанавливает однозначное соответствие между движением м. точки за кратчайшее время в гравитационном поле Метагалактики и измерением времени в инерциальном пространстве-времени (1.34). Квантово-механический волчок (2.15) с двумя формами (2.14), (2.16) физического проявления в реальном мире содержится в решении уравнения Эйлера в виде производящего круга циклоиды, по которой движется м. точка в результате участия в двух движениях в инерциальном пространстве-времени (1.34): поступательном и вращательном. Если принять (2.15), тогда физические характеристики такого решения адекватны квантовым характеристикам электрона. Если исключить новое измерение k , появление которого обязано воздействию Метагалактики на м. точку, то м. точка совместится с центром инерции образующего круга циклоиды за время $2\pi i$ (2.25) и превратится по числу степеней свободы в квантовую точку в релятивистской теории Дирака для свободного электрона [15]. Установлено, что момент вектора плотности энергии составляет физическое содержание как электрического заряда, полученного с двумя противоположными знаками, так и гравитационного с одним знаком. Аргументами в пользу принятия понятия вектора момента плотности энергии

$$Q_0 = [r_0, E_0] \quad (3.1)$$

служит как перенос энергии м. точки при вращении в соответствии с вектором Умова для плотности механической энергии, так и существование вектора Пойтинга для плотности электромагнитной энергии в электродинамике [12]. Противоположные знаки электрического заряда содержатся соответственно в зеркальных циклоидальных решениях для м. точек. Характеристики электрон-позитронной пары в виде двух связанных взаимодействием зеркальных циклоидальных решений соответствуют квантовым характеристикам, получаемым с помощью релятивистского уравнения Дирака [12,15]. Отличие заключено в энергии основного состояния позитрония: решение уравнения Эйлера без учета нутации, обязательно присутствующей при взаимодействии, содержит поправку в седьмой знак после запятой в отличие от поправки Дирака в десятый в аналогичной ситуации и интерпретируемой как результат взаимодействия с позитронным вакуумом [12,15], теория существования которого логически противоречива [14]. Полный магнитный момент без учета нутации для связанного электрона в позитронии равен магнетону Бора, а для свободного состояния в два раза больше магнетона Бора, так же как и магнетон Дирака [12,15]. Из решения уравнения Эйлера следует закон Кулона и закон Ньютона для соответствующих зарядов, содержащихся в циклоидальном решении [12]. В отличие от точечного решения Дирака, содержащего расхо-

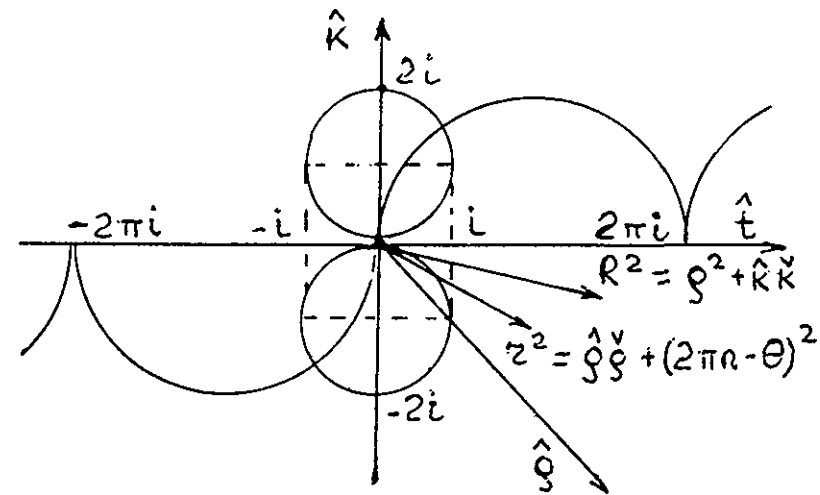


Рис.1. Два зеркальных циклоидальных решения уравнения Эйлера в инерциальном пространстве-времени $(\hat{p}, \hat{k}, \hat{t})$

димости, в случае решения Эйлера физическое содержание электрона составляет периодический инерциально-пространственно-временной процесс, характеристики которого адекватны квантовым характеристикам электрона без расходимостей [12,15].

Причина исчезновения расходимостей видна на рис.1, на котором в инерциальном пространстве-времени $(\hat{p}, \hat{k}, \hat{t})$ с единой градуировкой масштабов и часов (2.25) изображены два зеркальных по отношению друг к другу циклоидальных решения уравнения Эйлера с принятием (2.15) в соответствии с требованием принципа Паули, взаимодействующих по закону

$$F = \frac{Q^2}{R^2} \quad (3.2)$$

Градуировка (2.25) эквивалентна движению производящего круга циклоиды с радиусом i . Тогда с учетом (3.1) и квантовой точки в теории Дирака, которая содержит материальную точку, совмещенную с центром инерции производящего круга циклоиды за время $2\pi i$, в системе центра масс

$$F = \frac{Q^2}{4[\hat{p}^v + \hat{k}^v + (2\pi i - \Theta^2)]}; \quad \xrightarrow{r^2 \rightarrow 0} F = \frac{Q^2}{4i^2} \quad (3.3)$$

В случае возможного перехода одного круга в состояние другого (слияние кругов), что происходит без нарушения принципа Паули — сумма спинов пер-

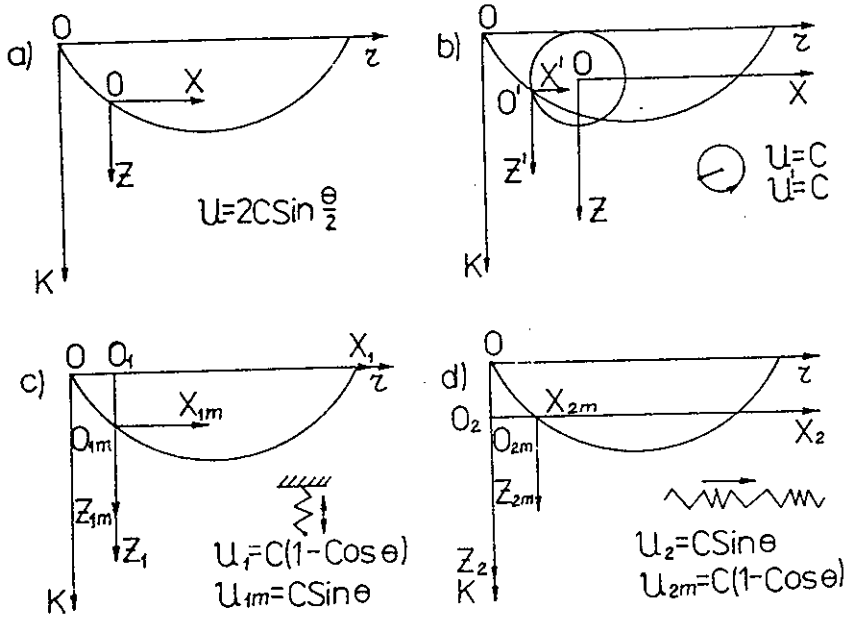


Рис.2. Гармонические координаты, содержащиеся в циклоидальном решении уравнения Эйлера

пендикулярных плоскости (\hat{k}, \hat{i}) после сложения становится целочисленной, сила взаимодействия зарядов с учетом радиуса i производящего круга меняет знак:

$$F = \frac{Q^2}{4e^{\pi i}}, \quad (3.4)$$

где
$$e^{\pi i} = i^2. \quad (3.5)$$

Так как в релятивистской теории Дирака для свободного электрона [15] уравнение движения квантовой точки записано без учета его структуры, в этой теории каждому пространственно-временному событию соответствует переменная

$$Z = e^{\pm i \omega}. \quad (3.6)$$

В случае гравитационного взаимодействия смена знака в (3.3) очевидна. Торжество в случае электромагнитного взаимодействия приводит, как известно, к аннигиляции. В результате можно высказать предположение, что учет ну-

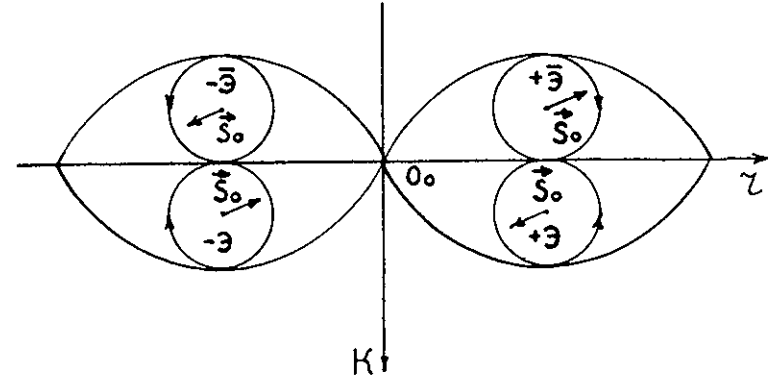


Рис.3. Четыре возможных попарно зеркальных циклоидальных движения материальной точки в инерциальном пространстве-времени

тации в решениях уравнения Эйлера снимет двукратное вырождение по $l = j \pm \frac{1}{2}$ с уровнями $2S_{1/2}$ и $2P_{1/2}$ в атоме водорода [16].

Возможность описания различных физических свойств микропроцессов представлена на рис.2, на котором демонстрируются различные гармонические координаты с точностью до обобщенных преобразований Лоренца в терминах Фока [17], содержащихся в циклоидальном решении уравнения Эйлера [12]. Содержание такого набора гармонических координат с точностью до обобщенных преобразований Лоренца в циклоидальном решении в инерциальном пространстве-времени (1.34) с интервалом (1.29) вносит не только математическую простоту, но и позволяет различать внешнюю и внутреннюю задачи. Внешняя задача изучает движение инерциальных пространственно-временных событий, а внутренняя — движение внутри системы связанных между собой событий с учетом вращения самой системы в целом. Такая совместная постановка задач согласно указанию Фока [17] связана с вопросом о выборе системы отсчета типа Коперника.

Циклоидальное решение уравнения Эйлера описывает четыре возможных движения материальной точки — каждое в отдельности в полном соответствии с принципом Паули (рис.3), которые зеркальны только попарно из-за относительности «верх—низ», присутствующей в инерциальном пространстве-времени из-за наличия третьего физического измерения с размерностью радиан [9,12,17]. Такие движения м. точки, если проанализировать их волновые функции [12], оказываются, заложены в четырехрядных матрицах Дирака [15]

в рамках задачи одного тела [14] подобно двухрядным матрицам Паули, которые вводят в теорию два возможных состояния спина электрона. Чтобы перекрыть переходы электрона из состояния с положительной энергией в состояние с отрицательной энергией под влиянием электромагнитного поля в случае нахождения его в нем, Дирак ввел «позитронный вакуум», т.е. фиктивный «полный набор» электронов в состояниях с отрицательной энергией, опираясь на принцип Паули и в каком-то смысле обобщая понятие заполненной оболочки атома, отрицательный заряд которой нейтрализуется положительным зарядом атомного ядра. Согласно Фоку, применение понятия «полного набора» к теории позитронов не является логически безупречным. Во-первых, исходное представление о «нейтрализованном полном наборе» является нефизическим из-за отсутствия физической причины нейтрализации такого набора одноименно заряженных частиц. Во-вторых, само понятие «полного набора состояний» имеет математический смысл только тогда, когда эти состояния дискретны. В случае же сплошного спектра отличить «полный набор» от «неполного» невозможно и исходное понятие теории «позитронного вакуума» лишается математического смысла [14, с.374].

В инерциальном пространстве-времени «частицы» и «античастицы» «рождаются» и «уничтожаются» в результате взаимодействия между собой, а «тонкая структура» их квантовых характеристик обусловлена взаимодействием с усредненным гравитационным полем, индуцированным Метагалактикой, представляющим из себя самостоятельное взаимодействие с м. точкой, постоянная которого завязана с α тонкой структуры релятивистским соотношением между полной энергией и «энергией покоя», импульсом и моментом м. точки при циклоидальном движении [12].

Наличие асимметрии между «веществом» и «антивеществом» в инерциальном пространстве-времени (1.34) с интервалом (1.29) связано с обладанием им четностью, содержащей одновременно три операции симметрии *CPT*-инвариантности, которое стало возможным после установления физического содержания заряда (3.1). Поэтому зеркальное движение м. точки может «рождаться» только в паре в процессе превращений, регулируемых законами сохранения, которые содержатся в таком инерциальном пространстве-времени с тремя физическими измерениями [12].

В результате, как и предсказано Дираком [2], в рамках указанного им обобщения квантовой механики с целью получения уравнений движения в физике высоких энергий [18], одно из фундаментальных понятий — теория «позитронного вакуума» — оказалось невостребованным, так как в уравнение Дирака им заложены возможные состояния для четырех попарно зеркальных событий в рамках задачи одного тела (отсюда противоречивость) подобно

двухуровневой теории Гейзенберга, в которой, однако, связываются квантовые характеристики двух возможных состояний для одного электрона в атоме в виде двухрядных матриц, переходы между которыми наблюдаемы. Все это согласуется с замечанием Фока по адресу релятивистской теории Дирака: появление «помимо спина второй внутренней степени свободы электрона» «не может быть истолковано в рамках задачи одного тела: такое толкование противоречило бы основам квантовой механики», несмотря «на формальную возможность постановки задачи одного тела (электрона) в заданном внешнем электромагнитном поле, согласующейся с требованием теории относительности» [14, с.291,373].

В итоге, критические замечания Эйнштейна [3] и Дирака [1,2,18] по адресу собственных фундаментальных гипотез, образующих совместно с фундаментальной гипотезой де Бройля современное физическое представление о микромире, указывают на неудовлетворенность математическими оформлениями этих гипотез и особенно путями их дальнейшего развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dirac P.A.M. The Origin of Quantum Field Theory. — In: The Impact of Modern Scientific Ideas on Society. Dordrecht, Holland: D.Riedel, 1981, p.39.
2. Dirac P.A.M. Directions in Physics. New York: John Wiley and Sons, 1978.
3. Einstein A. Autobiographisches. — In: Albert Einstein, Philosopher-Scientist, The Library of Living Philosophers, Illinois, USA, 1949.
4. Einstein A. — Ann. der Phys., 1905, v.17, p.891.
5. Brillouin L. Relativity Reexamined. New York and London: Academic Press, 1970.
6. Зорин Г.Н. — Сообщение ОИЯИ P2-86-686, Дубна, 1986.
7. Zorin G.N. — JINR Preprint 18-85-98, Dubna, 1985.
8. De Broglie L. — Compt. Rend., 1923, v.177, p.507,548.
9. Зорин Г.Н. — В сб.: Проблемы теории гравитации и элементарных частиц. М.: Атомиздат, 1981, вып.12, с.155; ОИЯИ, P18-84-402, Дубна, 1984.
10. Зорин Г.Н. — В сб.: Проблемы теории гравитации и элементарных частиц. М.: Атомиздат, 1984, вып.14, с.176; ОИЯИ, P18-84-401, Дубна, 1984.
11. Treder H. — J. Die Relativität der Trägheit. Academic — Verlag — Berlin, 1972.
12. Зорин Г.Н. — В сб.: Проблемы теории гравитации и элементарных частиц. М.: Атомиздат, 1981, вып.12, с.166; ОИЯИ, P18-84-403, Дубна, 1984.

13. Poincare H. — Compt. Rend., 1905, v.140, p.1504.
14. Фок В.А. Начала квантовой механики. М.: Физматлит. Наука, 1976.
15. Dirac P.A.M. — Proc. Roy. Soc., 1928, v.117, p.610; v.118, p.351.
16. Lamb W.E. — Rept. Progr. Phys., 1951, v.14, p.19.
17. Фок В.А. — УФН, 1956, т.59, с.67,107.
18. Dirac P.A.M. — Physics Today. April 1970, p.29—31.

Рукопись поступила в издательский отдел
10 марта 1998 года.