С.М. Базаров

ЭТЮД РАЗВИТИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ

S.M. Bazarov

AN ESSAY ON DEVELOPMENT OF SPACE-TIME REPRESENTATION IN NATURAL SCIENCE

Релятивистской механике частиц, двигающихся в пространстве с досветовыми и световыми скоростями, строится в соответствие релятивистская светомеханика во временипространстве. Внутренним часам частицы (представление де Бройля) ставится в соответствие представление световых квазичастиц и рассматривается их движение во временипространстве. Дуализм «частица – волна» рассматривется как триализм «частица – световая квазичастица – волна» движение частицы – это релятивистская механика, а движение световой квазичастицы – построенная релятивистская светомеханика. Дано представление релятивистской сверхсветомеханики. Отмечается, что значение максимума движения как скорости света в вакууме относится только к движению в пространстве, в мировом пространстве-времени скорости движения сверхсветовые. Дано начальное представление светоинерциальной динамики и её связь с гравитацией.

Relativistic mechanics is constructed in conformity with relativistic light mechanics, as mechanics of movement of light particles in time-space. The dualism of «particle-wave» is considered as «particle – light quasiparticle – wave». Representation of relativistic super light mechanics is constructed. Initial representation of light inertia dynamics and its connection with gravitation is given.

С определённой уверенностью можно сказать, что уровень развития цивилизации определяется её представлением материи, пространства, времени, информации, их взаимосвязанностью и движением материи-информации в пространстве-времени. Кратко напомним некоторые моменты исторического развития представления пространства-времени. Пифагорийцы считали, что объекты Вселенной бесконечно малы и в то же время бесконечно велики (своего рода инверсионная связанность пространства).

Аристотель различал внешний (небесный-геометрический) и внутренний (подлунный-функциональный) миры. Ньютон сформулировал понятие абсолютных пространства и времени, не взаимосвязанных и не зависимых ни от чего. Эйнштейн объединил пространство и время на основании световой наблюдаемости движения в пространстве и постоянства скорости света в инерциальных системах. Минковский выполнил геометризацию пространства и времени и объединил их в единый не расслоенный 4-мерный псевдоевклидов мир, в котором движение в пространстве благодаря свету является наблюдаемым, а движение во времени − скрытым (мнимым).

Л. де Бройль сформулировал принцип согласованности фаз (основание волновой механики), согласно которому частица может рассматриваться как некие часы бесконечно малых размеров, колебания которых софазны её волновому движению. Козырев связал с движением во времени, как в пространстве, возможность появления новых физических явлений. Пригожин разделил внешнее однонаправленное континуумное время, как аддитивную полугруппу, от внутреннего времени, как дискретного и операторного. Сунден сформулировал представление сферического пространственно-временного осциллятора, наделив время и пространство одинаковой трехмерностью.

В тетраде материя – пространство – время – информация Эйнштейн раскрыл триаду материя-пространство-время, в которой свет делает наблюдаемым движение материальных частиц в пространстве, а времени ставит в соответствие световую линейку как скрытую координату, дополняющую пространство. Наряду с ходом времени, как движением света, с ним также связано представление информации как световой структуры во времени. Таким образом, возникает представление об информационном поле («света» света), как поле наблюдения информаций (световых частиц) друг друга при их движении во времени (пространстве световых линеек). Естественным образом возникает представление симметричной триады (котриады) информация-время-пространство, в которой информации наделяются свойством их взаимной наблюдаемости движения как корпускулярного во временипространстве. С рассматриваемых позиций информация − это световая структура, движущаяся во временипространстве. Свет во временипространстве обладает массой (энергией) покоя (свойство корпускулярности во времени), а «свет» (скорость «свет» во временипространстве равна скорости света в пространстве) не обладает массой (энергией) покоя во времени (энергия световых частиц равна нулю – «нулевые» фотоны) и только энергией светового движения во времени (световые частицы нулевой энергии-импульса в пространстве обладают не нулевым импульсом-энергией движения во времени).

Главными действующими лицами в инерциальных системах, согласно представлений релятивистской механики, являются наблюдатели в этих системах отсчёта со своими измерительными линейками и часами. Ещё раз отметим, что в мире Минковского специальной теории относительности мировое движение является суперпозицией наблюдаемого при помощи света движения в пространстве и скрытого светового движения во времени (как в пространстве). Известно, что пространство наряду со свойством «длинности», измеряемым наблюдателем линейкой, обладает также свойством вместимости энергосиловых, информационных и других полей различной природы. При построении представлений этих полей от движения во времени берётся только его свойство «длительности». В мире Минковского свойство «длительности» времени отождествляется со свойством «длинности» световой линейки (время измеряется световой линейкой), и движение в этом пространстве световой «длинности» является скрытым (мнимым). Поэтому естественным образом ставится задача построения представления пространства «световой длинности» как времениространства, в котором должны присутствовать соответствующие ему частицы и поля их взаимодействия, благодаря которым появляется наблюдаемость движения во времениространстве, и которое, в свою очередь, дополняет пространство классической релятивистской механики. Специальная теория относительности Эйнштейна, как основа релятивистской механики, естественным образом дополняется релятивистской светомеханикой, как теории относительности движения световых структур (информации) во времениространстве. Мир Минковского с наблюдаемым движением в пространстве дополняется симметричным миром наблюдаемости движения во времениространстве.

Можно предположить, что новый виток развития цивилизации будет связан не только с раскрытием триады информация-время-пространство, дополняющей триаду материя-пространство-время мира Минковского-Эйнштейна, но и с представлением последней, как дополняющей первую: мировое движение происходит одновременно в пространстве и времениространстве, дополняющих друг друга. Наблюдаемое движение в пространстве сопровождается скрытым движением во времениространстве, и наоборот.

Таким образом, дуализм классической квантовой механики «частица – волна » возможно рассматривать как результат суперпозиции представления мирового движения частицы в пространстве и её как световой кочастицы (квазичастицы) во времениространстве и их наблюдаемости в этих пространствах. С позиции постулата согласованности фаз де Бройля это означает необходимость внутренним колебаниям частицы, как движением часов, софазных с волновым движением, построить в соответствие импульс-энергию световой квазичастицы, двигающейся во времениространстве. Это означает, что в основе дуализма «частица – волна» лежит триализм «частица – световая квазичастица – волна», в котором волновое движение представлено согласованным импульсом-энергией частицы с импульсом-энергией световой квазичастицы, двигающейся во времени как во времениространстве, и появлением поля взаимодействия световых квазичастиц как поля «света» света, благодаря которому происходит наблюдаемость этого движения во времениространстве. Резюмированная цепочка представления выглядит следующим образом: частица движется в пространстве и во времени – её наблюдаемое движение в пространстве осуществляется благодаря свету; её движение во времени связывается с внутренними часами, колебания которых софазны волновому движению; колебательному движению внутренних часов ставится в соответствие импульсно-энергетическое представление световой квазичастицы, двигающейся во времениространстве (пространство световой длинности); поле взаимодействия световых квазичастиц во времениространстве, как поле «света» света.

Таким образом, частица как корпускула движется в пространстве и как световая квазичастица − во временипространстве: если первому движению построена в соответствие релятивистская механика «корпускулярных» наблюдателей, то естественно возникает необходимость построения релятивистской механики «световых» наблюдателей, взаимосвязанных с первыми.

Окружающий нас мир познаётся с двуединой позиции: импульсно-энергетической (внешнее движение) и внутренней пространственно-временной (структурное движение), поэтому возможно поставить задачу раскрытия фундаментальной симметрии между ними: внутреннему пространственно-временному движению поставить в соответствие световую квазичастицу, двигающуюся во временипространстве с соответствующим импульсом-энергией, согласованным с внешним. Правило современной физики − частица имеет античастицу − обобщается в принцип: мир Минковского – Эйнштейна релятивистской механики как внешний мир пространственного движения частиц дополняется двойственным внутренним миром их движения во временипространстве, который возникает как прямое следствие законов квантовой механики и специальной теории относительности; релятивистская механика дополняется релятивистской светомеханикой, как движением световых частиц во временипространстве и полевой наблюдаемости этого движения.

Специальная теория относительности формулирует принципы: максимальной скорости движения корпускулы в пространстве как скорости движения света в вакууме (частица не может пересечь в своём движении в пространстве соответствующий ей световой фронт вакуума) и постоянство скорости света в инерциальных системах отсчета. Ниже будет построена механика, в которой постоянству скорости света в пространстве соответствует принцип постоянства скорости «света» света и её максимальности для световых корпускул во временипространстве; также представление релятивизма при сверхсветовом движении (как движения за световым фронтом).

Мультипликативная группа симметрии. Физическая система характеризуется своим базисом, т.е. основным типом размерных величин. Законы электродинамики, гравитации, термодинамики и ряд других в этой системе представляются в форме степенных одночленов:

$$A = B^{\text{c}1}{}_1\, B^{\text{c}2}{}_2 \ldots B^{\text{cп}}{}_{\text{п}},\ B = (B)\ \textit{в},\ \text{сп} \in N, \tag{1}$$

здесь *в* – базисные единицы размерности абелевой группы.

Базисные единицы образуют абелеву группу с мультипликативной операцией

$$H = \textit{в}^{\text{c}1}{}_1\, \textit{в}^{\text{c}2}{}_2 \ldots \textit{в}^{\text{cп}}{}_{\text{п}},\ \text{c}_n \in N. \tag{2}$$

Физическая величина, представленная в виде

$$A = KH,\ H = (B_1)^{\text{c}1}\ (B_2)^{\text{c}2} \ldots (B_{\text{п}})^{\text{cп}},\ \text{сп} \in N, \tag{3}$$

может рассматриваться как полученная в результате преобразования подобия базисной системы единиц, ей можно построить в соответствие гомеоморфное отображение двойственной физической системы как однозначное мультипликативно обратное преобразование подобия

$$f: A \leftrightarrow A^{-1},\ A\,A^{-1} = 1. \tag{4}$$

Полугруппа A вкладывается в мультипликативную группу, полугруппы А и A^{-1} являются гомеоморфизмами. Такой путь симметризации приводит к расширению исходной физической системы и построению взаимно-однозначного двойственного образа. Построенная двойственность физических систем образа и прообраза индуцирует изоморфизм законов и фундаментальных постоянных.

Наряду с мультипликативной симметрией физических систем имеет место также аддитивная симметрия:

$$K + K^{-1} = 0. \tag{5}$$

Полуось положительных действительных чисел можно представить как полуокружность бесконечно большого радиуса, склеив (отождествив) 0 и ∞, получим множество, на котором действует бимультипликативная группа (мир пифагорийцев):

$$K\,K^{-1} = 1,\ 0 < K \geq 1 \text{ и } K\,K^{-1} = 0,\ K = 0. \tag{6}$$

В качестве примера мультипликативной двойственности рассмотрим известные формулы Эйнштейна – де Бройля для энергии и импульса свободных частей:

$$E = h\,\omega,\ p = h\,k,\ \omega\,\omega^{-1} = 1,\ k\,k^{-1} = 1, \tag{7}$$

Здесь ω – частота, k – волновое число.

Представления (7) можно рассматривать как мультипликативные полугруппы и построить им в соответствие двойственные мультипликативные полугруппы:

$$m_0 = h\,\omega^{-1},\ p_0 = h\,k^{-1}; \tag{8}$$

мультипликативное групповое выражение для полугрупп (7) и (8) имеет вид:

$$E\,E^{-1} = E\,m_0 = h^2,\ p\,p^{-1} = p\,p_0 = h^2,\ E\,E_{m0} = h^2\,\mathrm{c}^2,\ E_{m0} = m_0\,c^2, \tag{9}$$

здесь m_0 – момент инерции; p_0 – количество момента инерции (импульс момента инерции); E_{m0} – энергия момента инерции.

Таким образом, ставится задача построения механики дуального поступательно-вращательного движения, опирающейся на представления перемешивания поступательного и вращательного движений.

Для единицы электрического заряда энергия $E = e^2/r$, получаем двойственное представление энергии момента инерции $E_{m0} = e^2{}_d\,r$, как энергии дираковского монополя $e_d = h\ c\ /\ e$, запишем также представления $E_{m0}\ \omega^2\ c^{-2} = E$, $Ep^{-1} = = \omega\ k^{-1} = +c^2\ v^{-1}$, $E_{m0}\ p^{-1}{}_0 = v$.

С рассматриваемых позиций момент инерции с точностью до постоянной Планка (h) становится внутренним временем частицы, а его импульс – длиной волны. Таким образом, возникает триализм поступательно-вращательно-волнового движения частиц в пространстве-времени.

В квантовой механике энергия и импульс частицы представлены как собственные значения операторов дифференцирования волновой функции:

$$E\ \psi = i\ h\ \partial\psi/\partial t = ih\nabla_t\ \psi,\ p = -\ ih\ \partial\psi/\partial x = -\ ih\ \nabla\psi. \tag{10}$$

Дифференциальному оператору ∇ можно построить в соответствие мультипликативно двойственный оператор ∇^{-1} согласно выражению $\nabla\ \nabla^{-1} = 1$, если в качестве оператора ∇^{-1} взять интегральный оператор, то дифференциальный и интегральный операторы образуют полугруппы:

$$\nabla_t\ \nabla^{-1}{}_t = \nabla_{\mathrm{t}} \int dt = 1,\ \nabla\nabla^{-1} = \nabla \int dx = 1. \tag{11}$$

Поэтому момент инерции, энергию момента инерции и импульс момента инерции частицы можно представить как собственное значение оператора интегрирования волновой функции частицы:

$$m_0\ \psi = -\ ih \int dt\ \psi,\ E_{m0}\ \psi = -\ ihc^2 \int dt\ \psi,\ p_0\ \psi = ih \int dx\ \psi. \tag{12}$$

Представления (11) и (12) показывают, что здесь интегральным оператором становится либо неопределённый интеграл, либо интеграл с верхним пределом интегрирования, либо интеграл с верхним пределом и нулевым начальным значением.

Геометрическое начало классической механики. Первичным понятием в классической механике является движение в 3-мерном евклидовом пространстве. Это движение определяется координатами декартовой системы (x, y, z). В пространстве происходят события, которым ставится в соответствие время t. Координаты и время образуют 4-мерное (расслоенное) пространство-время событий. В евклидовом пространстве расстояние между точками определяется обобщенной теоремой Пифагора:

$$L^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2. \tag{13}$$

Движение материальной точки в евклидовом пространстве задаётся в параметрической форме:

$$x = x\ (\mathrm{t}),\ y = y\ (t),\ z = z\ (t), \tag{14}$$

этому движению ставится в соответствие вектор скорости

$$v = v\ (v_x,\ v_y,\ v_z),\ v_x = dx\ /\ dt,\ v_y = dy\ /\ dt,\ v_z = dz\ /\ dt, \tag{15}$$

$$v^2 = v^2{}_x + v^2{}_y + v^2{}_z. \tag{16}$$

Если движение происходит из начала координат, тогда путь

$$L^2 = v^2\, t^2 = x^2 + y^2 + z^2, \tag{17}$$

и

$$L^2 = v^2\, t^2 = v^2_x\, t^2 + v^2_y t^2 + v^2_z\, t^2. \tag{18}$$

В евклидовом пространстве иеет место векторное представление движения

$$L = vt = e_x\, x + e_y\, y + e_z\, z, \tag{19}$$

здесь e – единичные ортонормированные вектора ($e^2 = 1$, $e_x e_y = \ldots = 0$).

Вектор L (vt) соединяет начало движения с концом, т.е. в евклидовом пространстве движение происходит из настоящего в будущее (в центробежной относительно начала движения форме). При равномерно прямолинейном движении скорость v = const. Всё множество инерциальных путей для наблюдателя, находящегося в начале системы координат, образуют 4-мерный конус, сечениями которого являются 2-мерные сферы радиусом $L = vt$. Это геометрическое представление движения в будущее, и оно сохраняется для световых частиц ($v = c$).

Обобщённую теорему Пифагора запишем в виде представления изотропного псевдоевклидова пространства:

$$-L^2 + x^2 + y^2 + z^2 = 0 \tag{20}$$

с изотропным вектором

$$e_t\, L + L = e_t\, L + e_x\, x + e_y\, y + e_z\, z = 0, \tag{21}$$

где e_t – мнимоединичный вектор, ортогональный векторам e ($e^2_t = -1$). Представление движения в евклидовом пространстве как изотропно псевдоевклидово приводит к суперпозиции центробежного движения в будущее (вектор L) и центростремительного движения из будущего (вектор $e_t\, L$). Это означает, что если наблюдатель находится в евклидовом пространстве, то он наблюдает только движение в будущее (задержка сигнала); если наблюдатель видит это движение, находясь в соответствующем изотропном псевдоевклидовом пространстве, то он наблюдает также движение из будущего (опережение сигнала).

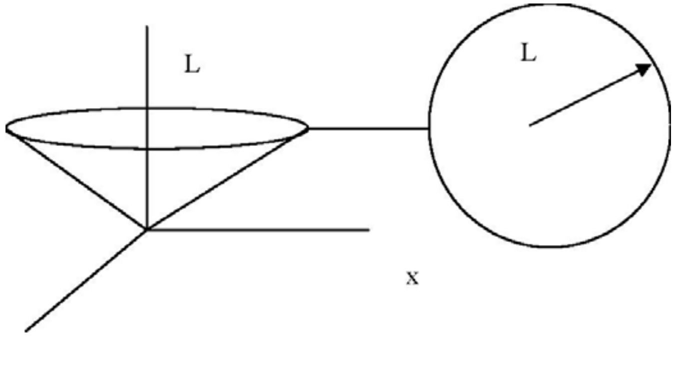

Рис. 1. Конус инерциального движения в евклидовом пространстве.

На рис. 2 показано инерциальное движение в изотропном псевдоевклидовом пространстве (движение L_0 как суперпозиция центростремительного и центробежного)

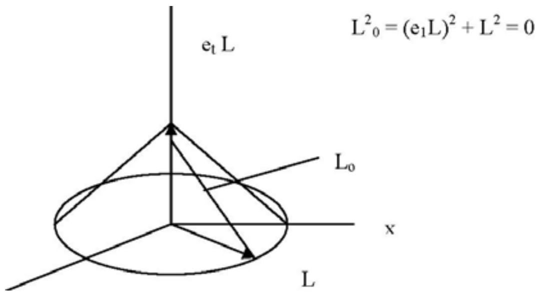

Рис. 2. Движение в изотропном псевдоевклидовом пространстве.

Геометрическое начало релятивистской механики. Фронт световой волны имеет вид:

$$L^2{}_c = c^2\, t^2 = x^2{}_c + y^2{}_c + z^2{}_c. \tag{22}$$

Геометрическим образом является световой конус, сечениями которого становятся 2-световые сферы радиусом ct. Вычтем из светового пространства (22) инерциальное пространство (17):

$$L^2{}_c - L^2 = c^2t^2 - v^2t^2 = c^2\, t^2{}_v = x^2{}_{cv} + y^2{}_{cv} + z^2{}_{cv} = L^2{}_{cv},$$

$$x^2{}_{cv} = x^2{}_c - x^2,\ y^2{}_{cv} = y^2{}_c - y^2,\ z^2{}_{cv} = z^2{}_c - z^2\ t^2{}_v = (1 - v^2c^{-2})\, t^2. \tag{23}$$

Это приводит к возможности представления светового пространства L_c неподвижного наблюдателя в виде суперпозиции двух мировых пространств: светового пространства движущегося наблюдателя L_{cv} (не наблюдаемое движение во времени) и наблюдаемого инерциального пространства движения L (здесь скорость света постоянна во всех инерциальных системах, время является переменным). Инвариантный интервал пространства-времени находится внутри световой сферы.

Геометрическое начало релятивистской светомеханики. Световое пространство движущегося наблюдателя L_{cv} можно рассматривать как пространство (скрытое) его хода времени при наблюдаемом движении (со скоростью v) в пространстве. Представлению (23) запишем двойственное:

$$L^2{}_{ct} = L^2{}_c - L^2{}_{cv} = c^2{}_t{}^2 - v^2{}_t\, t^2 = c^2\, t^2{}_{vt},\ v^2{}_t\, t^2 = c^2\, t^2{}_v,\ c^2\, t^2{}_{vt} = v^2\, t^2,\ t^2{}_{vt} = v^2\, c^{-2}\, t^2. \tag{24}$$

Здесь световое пространство L_{cv} становится временипространством наблюдаемого движения во времени световых структур со скоростью $v_t = (c^2 - v^2)^{1/2}$ и рассматривается как инерциальное пространство движения световых наблюдателей (инерциальное пространство движения световых наблюдателей – это их движение во временипространстве как пространстве световой длинности), инерциальное пространство L превращается в пространство хода времени L_{ct} в инерциальных системах световых наблюдателей, полем наблюдения относительного движения световых наблюдателей во времени является «свет» света. Таким образом, если полем наблюдения движения в пространстве является свет, то полем наблюдения движения во временипространстве является «свет» света; скорости движения в пространстве и во временипространстве согласованы выражением:

$$c^2 = v^2 + v^2_t. \quad (25)$$

Ход времени при движении в пространстве и временипространстве соответственно имеют вид (временипространство играет роль времени при движении в пространстве и наоборот – пространство выполняет роль времени при движении во временипространстве):

$$t_v = (1 - \beta^2)^{1/2}\ t,\ t_{vt} = (1 - \beta^2{}_t)^{1/2}\ t = \beta\ t,\ \beta = v\ c^{-1},\ \beta_t = v_t\ c^{-1},\ 1 = \beta^2 + \beta^2{}_t. \quad (26)$$

Здесь временипространство можно рассматривать как внутреннее пространство движения, дополняющее внешнее движение.

Пространству-времени между событиями в релятивистской механике ставится в соответствие представление мирового пространства движения световых наблюдателей как движение во времени.

Отметим, что аналог известным преобразованиям Лоренца в инерциальных пространственных системах для инерциальных временных получается путём замены скорости $v \rightarrow v_t$, это относится также к формулам энергии (E) и импульса (p) свободных частиц : в двойственном представлении:

Корпускулярное пространство-время Световое пространство-время:

$$v = c\ \beta = c\ (1 - \beta^2{}_t)^{1/2},\ v_t = c\ \beta_t = c\ (1 - \beta^2)^{1/2},$$

$$E = mc^2\ (1 - \beta^2)^{-1/2}, \qquad E_t = m_t\ c^2\ (1 - \beta^2{}_t)^{-1/2} = m_t\ c^2\ \beta^{-1} = m_t\ c\ E\ p^{-1},$$

$$p = m\ c\beta\ (1 - \beta^2)^{-1/2}, \qquad p_t = m_t\ c\ \beta_t\ (1 - \beta^2{}_t)^{-1/2} = m_t c(1 - \beta^2)^{1/2}\beta,$$

$$p\ p_t = m\ m_t\ c^2,\ m = m_t, \qquad E\ E_t = m\ cE^2/\ p,$$

для световых частиц для «света» световых частиц:

$$E_c = m\ c^2\ (1 - \beta^2)^{-1/2} = m_c\ c^2 = m_t\ c^2, \qquad E_{tc} = m_c c^2\ (1 - \beta^2{}_t)^{-1/2} = m_{tc}\ c^2,$$

$$\beta = 1,\ m = 0,\ \beta_t = 0, \qquad \beta_t = 1,\ m_c = 0,\ \beta = 0,$$

$$P_c = m_c\ c, \qquad p_{tc} = m_{tc}\ c.$$

«Светом» световых частиц являются безмассовые («нулевые») световые частицы (частицы взаимодействия световых частиц, двигающихся во временипространстве), которые двигаются во временипространстве со скоростью света ($\beta_t = 1$), а в пространстве становятся неподвижными ($\beta = 0$). Таким образом, относительности движения в пространстве, фиксируемой светом, в релятивистской механике можно поставить в соответствие релятивизм светомеханики, наблюдаемого «свето» световым полем.

Здесь следует обратить внимание на то обстоятельство, что скорость света в вакууме является максимальной скоростью движения в пространстве, но не в мировом пространстве-времени: временная компонента $c\ /\ (1 - \beta^2)^{1/2} \geq c$, а пространственная $v/(1 - \beta^2)^{1/2} > c$ при $\beta > (1/2)^{1/2}$.

В свою очередь, ниже будет представлено мировое пространство-время при сверхсветовом движении.

Релятивистская светомеханика − это механика световых наблюдателей, находящихся на соответствующих световых фронтах: S^1 (1 – сфера радиусом ct) – для неподвижного наблюдателя и $S^1{}_t$ (1 – сфера радиусом $ct_v = v_t\ t$) – для движущегося наблюдателя. Пересечение световых сфер S^1 и $S^1{}_v$ – место O_c, где расположены оба световых наблюдателя.

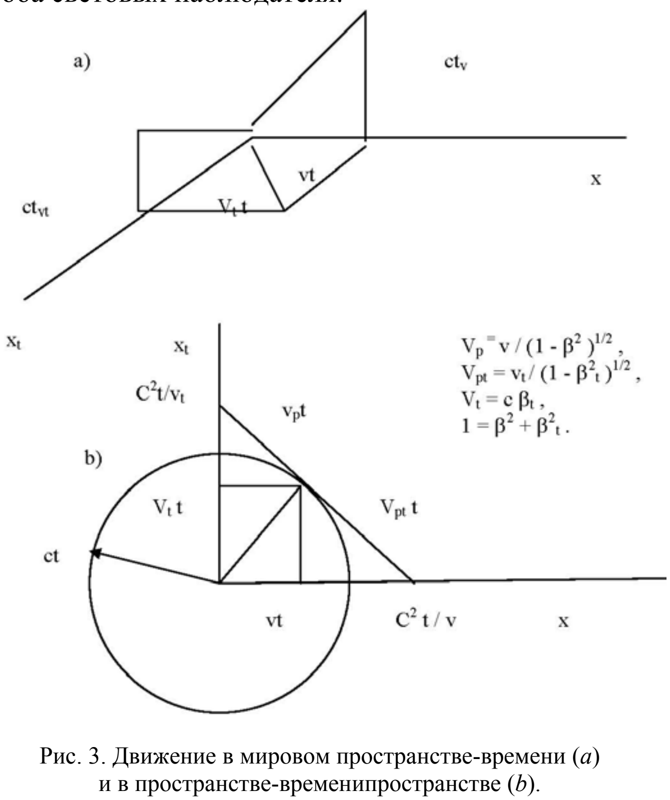

Рис. 3. Движение в мировом пространстве-времени (*a*)
и в пространстве-временипространстве (*b*).

Движение в мировом пространстве-временипространстве. На рис. 3 (*b*) показано движение в мировом пространстве-временипространстве как инверсионное отображение движения внутри световой сферы S^1 на движение вне световой сферы и инверсия относительно точки касания световой сферы (места световых наблюдателей: неподвижного и двигающегося). Здесь вдоль координаты x происходит движение в пространстве со скоростью v, а вдоль x_t – во времени пространстве, со скоростью v_t, их суперпозиционное движение является световым изотаховым ($c^2 = v^2 + v^2_t$). Инверсионное движение вне световой сферы является сверхсветовым:

$$V_{ctx}\, t = [(c^2(1 - \beta^2)^{-1} + c^2\beta^{-2})]^{1/2}\, t =$$

$$= c\beta^{-1}(1 - \beta^2)^{-1/2}\, t \geq 2\, ct\ (\beta = 0{,}618 \rightarrow V_{ctx} = 2c). \qquad (27)$$

Анализ показывает, что движение в мировом пространстве следует рассматривать как трехкомпонентное: в пространстве, во времени и временипространстве. Пространство-время (ct, $x = vt$) – это пространство-время релятивистской механики (световое наблюдение движения в пространстве), временипространство-время (ct, $x_t = v_t\, t$) соответствует релятивистской светомеханике («света» световое наблюдение движения во временипространстве) и пространство-временипространство (x, x_t) для обобщенной механики. Если перейти к представлениям релятивизма, то мировой наблюдатель в инерциальных системах отсчета должен быть двуликим: один следит за движением в пространстве при помощи света, другой видит движение во времени при помощи «света» света.

Здесь развивается историческая цепочка представлений о времени: ход времени в пространстве – движение света как временной координаты – световые наблюдатели как наблюдатели движения во времени – мировое пространство-время световых наблюдателей – «свет» световых наблюдателей – релятивистская светомеханика.

Если на рис. 3b убрать параметр времени t (масштабное преобразование), то получается представление скоростей движения в мировом пространстве-временипространстве (рис. 4).

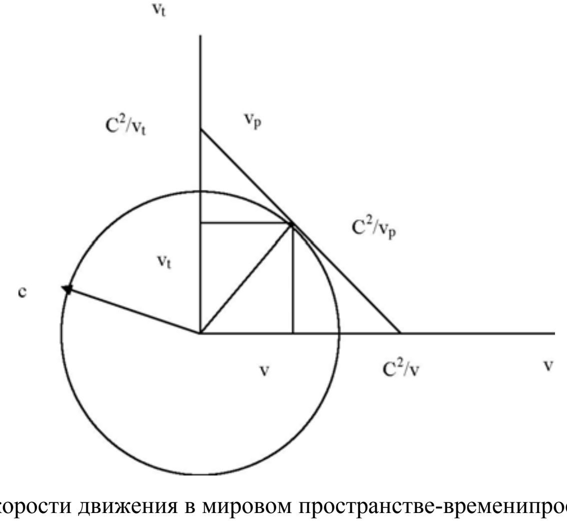

Рис. 4. Скорости движения в мировом пространстве-временипространстве:

Если рис. 4 разделить на c, то получим метрику мирового пространства-времени.

Произведём дальнейшее масштабное преобразование над рис. 4 : умножим мировые скорости на импульс mc ($m_t c$), получаем представление энергии-импульса в мировом пространстве-временипространстве (рис. 5), из которого следует $m = m_t$.

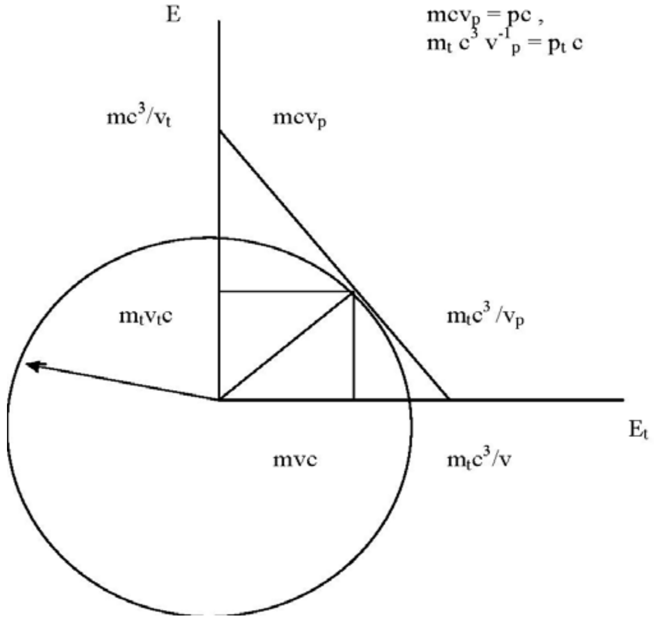

Рис. 5. Энергии-импульсы частицы в мировом пространстве-временипространстве.

Последнее условие означает, что благодаря наличию суперпозиции частица-световая квазичастица равных масс, возникает универсальное поле взаимодействия световых частиц как «света» световых частиц, выполняющее роль известного нам универсального гравитационного поля. Таким образом, становится возможным рассматривать гравитационное поле как поле взаимодействия световых частиц (и квазичастиц) во временипространстве.

На рис. 5, представив $mc^2 = h\ \omega_0$ (h – постоянная Планка), получим эквивалентное волновое представление энергии-импульса (Эйнштейна – де Бройля) в мировом пространстве-времени (рис. 6). Из равенства

$$Pc = h\omega\beta \to p = h\omega v c^{-2} = 2\pi h\lambda^{-1} = hk. \qquad (28)$$

Видно также волновое представление движения частицы во временипространстве:

$$E_t = h\omega_t,\ p_t = hk_t. \qquad (29)$$

Запишем связи

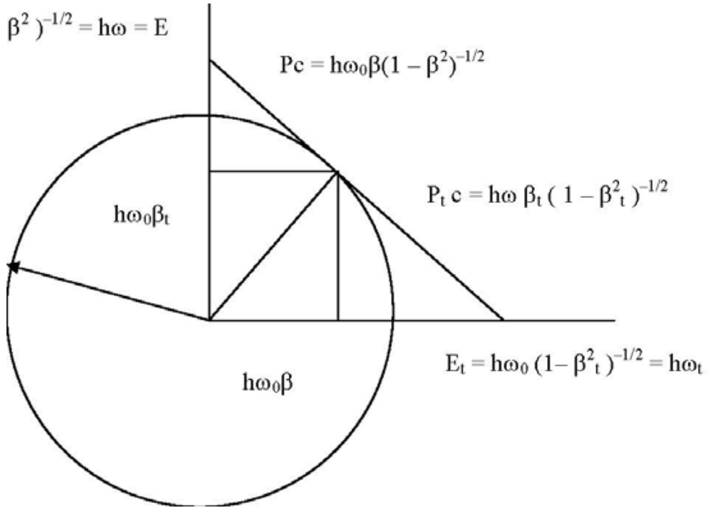

Рис. 6. Волновые энергии-импульсы частицы
в мировом пространстве-временипространстве.

Таким образом, классическое представление дуализма частица – волна в пространстве расширяется квартализмом в виде замкнутой цепочки последовательных представлений: частица (E, p) – волна в пространстве (ω, κ, $v_f = c^2/v$) – квазичастица во временипространстве (E_t, p_t, $E_t = mc^3/v$)– волна во временипространстве (ω_t, k_t, $v_{ft} = c^2/v_t$, $E = mc^3/v_t$), и наоборот частица во временипространстве – квазичастица в пространстве. В физике твердого тела имеет место представление обратного дуализма: волновым колебаниям атомов (молекул) в периодической структуре кристалла (ω, k, v_f) ставится в соответствие согласно соотношениям Эйнштейна – де Бройля квазичастицы (фононы) с энергией ($E = h\omega$) и импульсом ($p = hk$). В свою очередь, с фононами можно связать представление фотофононов как световых квазичастиц, двигающихся во временипространстве, энергия и импульс которых соответственно равны:

$$E_t = h\omega c^{-1} v_f,\ p_t = h\omega c^{-2}\ v_f\,(1 - c^2\ v^{-2}{}_f)^{1/2}. \tag{31}$$

Движение квазифотофононов во временипространстве сопровождается волновым движением (ω_t, k_t, $v_{ft} = c^2 v^{-1}{}_t = c(1 - \beta^2{}_s)^{-1/2}$, $\beta = v_s / c$, v_s – скорость звука как скорость движения фонона в пространстве).

Движение в пространстве и времени. Построим покомпонентное движение в пространстве и времени.

На рис. 7 показано представление импульсов в мировом пространстве-времени – это геометрическое представление релятивистской механики. Релятивистский импульс представлен как двухкомпонентный (в пространстве и времени):

$$P^2 = p^2{}_x + p^2{}_{xt}. \tag{32}$$

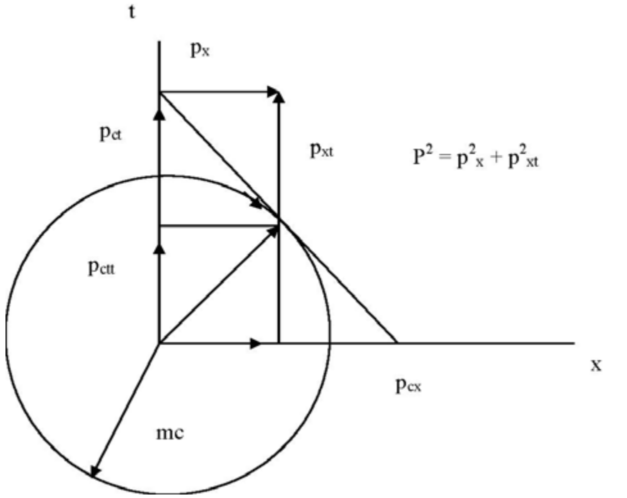

Рис. 7. Движение в пространстве и времени.

Импульсам на рис. 7 соответствуют выражения:

$$P_x = mv_x,\ p_{xt} = m\, v^2_x\, c^{-1}\, (1 - \beta^2)^{-1/2},\ p_{ctt} = mc\, (1 - \beta^2)^{1/2},\ p_c = mc. \qquad (33)$$

Продифференцировав (32) по времени, находим представление сил, действующих на частицу во времени и пространстве:

$$F = p_x\, p^{-1}\, F_x + p_{xt}\, p^{-1}\, F_{xt},\ F = dp/dt,\ F_x = dp_x/dt,\ F_{xt} = dp_{xt}\, /dt, \qquad (34)$$

или

$$F = (1 - \beta^2)^{1/2}\, F_x + \beta\, F_{xt}. \qquad (35)$$

Из равенства

$$P_{ct} = p^2 + p^2_c \qquad (36)$$

следует:

$$F_{ct} = p\, p^{-1}_{ct}\, F = \beta\, F,\ F_{ct} = dp_{ct}\, /\, dt,\ F_c = dp_c\, /\, dt = 0. \qquad (37)$$

Из равенства

$$P^2_c = p^2_x + p^2_{ctt} \qquad (38)$$

следует:

$$F_{ctt} = -\, \beta\, (1 - \beta^2)^{-1/2}\, F_x,\ F_{ctt} = dp_{ctt}\, /\, dt. \qquad (39)$$

Далее следует:

$$F_{ct} = F_{xt} + F_{ctt} = F_{xt} - \beta\, (1 - \beta^2)^{-1/2}\, F_x = \beta\, F. \qquad (40)$$

Решение уравнений (35) и (40) имеет вид:

$$F_x = (1 - \beta^2)^{3/2}\, F,\ F_{xt} = \beta(2 - \beta^2)\, F. \qquad (41)$$

Если учесть световую силу $F_c = dp_c/dt$, тогда (41) перейдёт в

$$F_x = (1 - \beta^2)^{3/2}\, F + \beta^3\, F_c,\ F_{xt} = (2\, \beta - \beta^3)\, \mathrm{F} - \beta^2(1 - \beta^2)^{1/2}\, F_c\, . \qquad (42)$$

При инерциальном движении $F = 0$, поэтому получаем представление сил

$$F_x = \beta^3 F_c,\ F_{xt} = -\beta^2 (1-\beta^2)^{1/2} F_c, \tag{43}$$

из которого следует выражение

$$F = [\beta^6 + \beta^4 (1-\beta^2)\,]^{1/2} F_c = \beta^2 F_c \tag{44}$$

Прямоугольный треугольник импульсов можно записать в виде

$$P^2 + p^2{}_c - p^2{}_{ct} = 0. \tag{45}$$

Ему соответствуют скорости движения : $c\beta(1-\beta^2)^{-1/2}$, c, $ic(1-\beta^2)^{-1/2}$ – в псевдоевклидовом пространстве-времени первая и третья образуют 4-изотропный вектор, а вместе – 5-изотропный.

Аналогичные построения можно выполнить для светового движения в мировом пространстве (рис. 8). Рисунок 8 − это геометрическое представление релятивистской светомеханики – как механики относительного движения световых наблюдателей – релятивистской механики движения во времени.

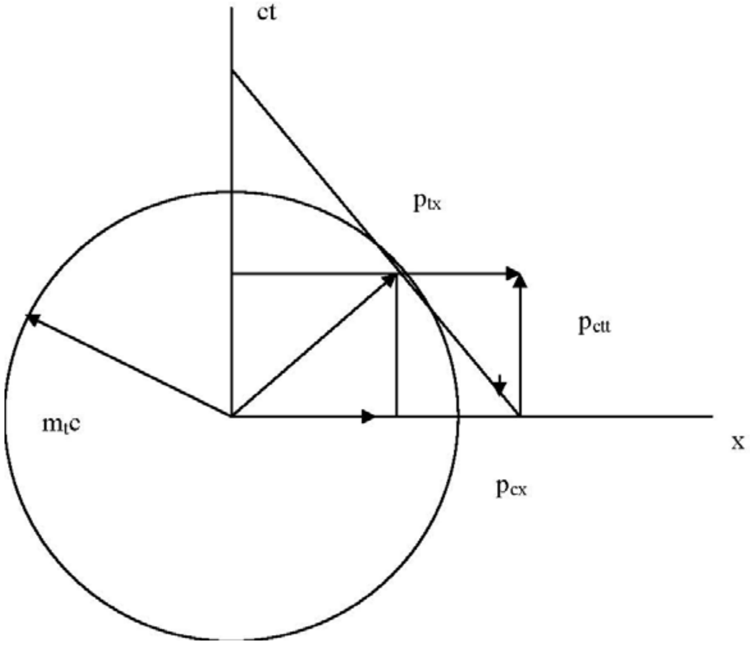

Рис. 8. Световое движение в пространстве и времени.

Здесь имеет место представление сил:

$$F_{ctt} = -\beta (1-\beta^2) F + (1-\beta^4)(1-\beta^2) F_c, \tag{46}$$

$$F_{tx} = -(1-\beta^2)^{3/2} F - (1-\beta^2)^{-1}(\beta - \beta^5) F_c. \tag{47}$$

Так выглядит картина действия сил в мировом пространстве-времени.

Стереографическая и касательная проекции световой сферы на плоскость. На рис. 9 показаны стереографическая $NO_c\ O_{cs}$ и касательная O_{tc} $O_c\ O_{xc}$ проекции точки O_c световой сферы единичного радиуса

$$X^2 + y^2 + z^2 = 1,\ x^2 + y^2 = \beta^2,\ z^2 = 1 - \beta^2 \qquad (48)$$

на аргандову плоскость.

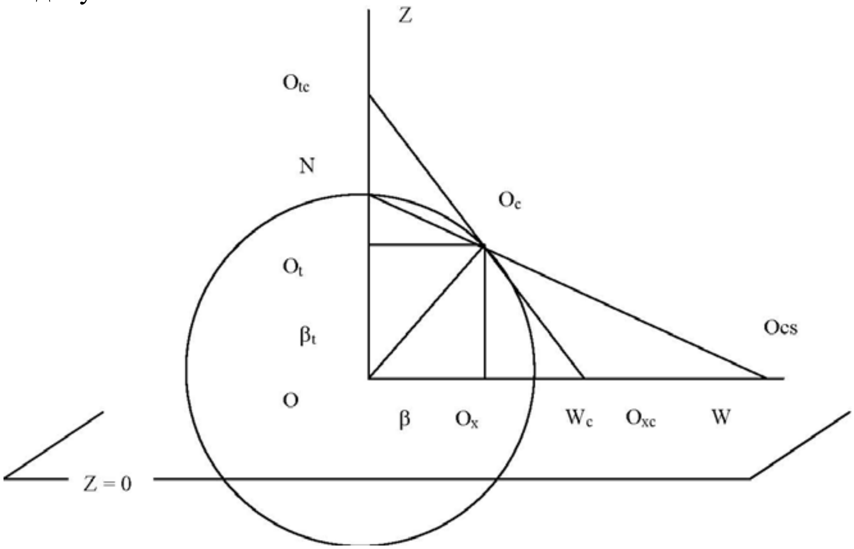

Рис. 9. Стереографическая и касательная проекция световой сферы на аргандову плоскость.

Точке O_c соответствуют стереографические

$$X = (w + w^*)\,(ww^* + 1)^{-1},\ y = (w - w^*)\,(ww^* + 1),\ z = (ww^* - 1)\,(ww^* + 1)^{-1} \qquad (49)$$

и касательные

$$x_c = (w_c + w^*_c)\,/\,2\,w_c\,w^*_c,\ y_c = (w_c - w^*_c)\,/\,2i\,w_c w^*_c,\ z = [\,(w_c\,w^*_c - 1)\,/\,w_c\,w^*_c]^{1/2} \qquad (50)$$

проекции на аргандову плоскость (w, w^* – соответственно комплексный и комплексно сопряженный параметры).

Движению частицы во времени (ось $z = ct$) соответствует движение её световой квазичастицы по аргандовой плоскости как касательное отображение световой сферы.

Пространственному движению частицы внутри светового круга

$$X^2 + y^2 = \beta^2 < 1 \qquad (51)$$

соответствует движение вне его

$$x^2 + y^2 = \beta^{-2} > 1 \qquad (52)$$

как движение световой квазичастицы в мировом пространстве.

Сверхсветовое движение. На рис. 10 представлена метрика мирового пространства-времени при сверхсветовом движении.

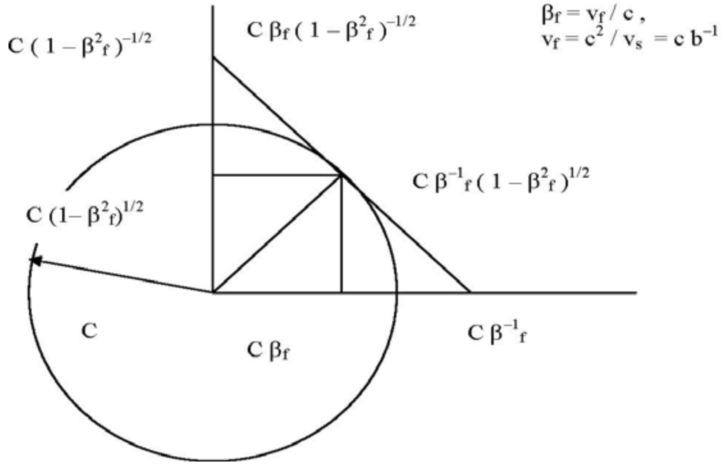

Рис. 10. Метрика мирового пространства-времени при сверхсветовом движении.

Если умножить метрику рис. 10 на световое движение *ct*, то получим представление движения в мировом пространстве-времени при сверхсветовом движении; если умножим метрику рис. 10 на скорость света, по получим представление картины скорости движения в мировом пространстве-времени (рис. 11).

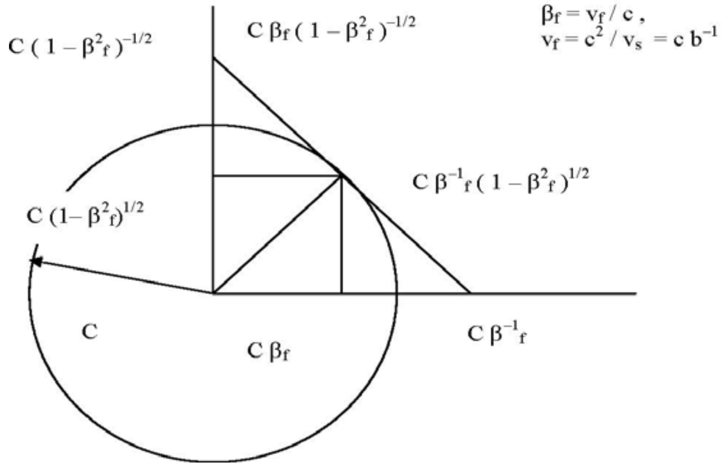

Рис. 11. Скорости движения в мировом пространстве-времени при сверхсветовом движении.

Сравнивая сверхсветовые скорости движения (рис. 11) с досветовыми (рис. 4) в мировом пространстве-времени, видно, что первые могут быть получены из вторых путём преобразования : $\beta \rightarrow \beta_f$. Это означает, что релятивистская сверхсветовая механика может быть получена из классической релятивистской досветовой механики путём замены досветовой скорости движения v на досветовую фазовую скорость $v_f\,(c^2 / v_s)$.

Запишем только инвариантный интервал пространства-времени при сверхсветовом движении:

$$C^2 t^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 = c^2\, t^2{}_* - dx^2{}_* - dy^2{}_* - dz^2{}_*. \tag{53}$$

Нижний индекс « * » относится к движущейся относительно наблюдателя инерциальной системы. Собственное время в движущейся сверхсветовой системе будет определяться формулой

$$t_* = (1 - \beta^2{}_f)^{1/2}\, t,\ \beta_f = c^2 / v_s \le 1, \tag{54}$$

видно, что при $v_s \to \infty$ время $t_* \to$ t.

Таким образом, возникает симметричная картина изменения хода времени : при досветовом движении условию увеличения скорости движения $v\uparrow \to$ уменьшение хода времени $t\downarrow$, при серхсветовом движении условию увеличения скорости движения $v\uparrow \to$ увеличение хода времени $t\uparrow$.

Если умножить скорости движения, представленные на рис. 11, на mc, то получим картину мировых импульсов, а если на mc^2, то энергии.

Сравниваем рис. 4 и рис. 11:

– инвариантным является движение внутри световой сферы: в первом случае (рис. 4) – для частичного, а во втором (рис. 11) – для квазичастичного (фазового);

– на рис. 4 частичному досветовому движению соответствует фазовое сверхсветовое движение, которое можно рассматривать как мировое квазичастичное;

– на рис. 11 частичному сверхсветовому движению соответствует досветовое фазовое движение как квазичастичное.

Это означает, что при переходе от частичного досветового движения (внутри световой сферы) к частичному сверхсветовому (вне световой сферы) необходимо, чтобы первое перешло в квазичастичное как фазовое (квазичастичное) и фазовое (квазичастичное) первого – в частичное второго.

Релятивистская сверхсветомеханика выстраивается на основании соответствующего ему релятивизма досветового фазового движения.

Обобщение уравнения Дирака. Релятивистское волновое уравнение Дирака является важным этапом в развитии представления об электроне после уравнений классической электродинамики Максвелла Лоренца, оно получено путём матричного «извлечения» квадратного корня из четырехчлена:

$$I\,E = c\,(p^2 + m^2 c^2)^{1/2} = c \sum \alpha_i\, p_i,\ i = 0, 1, 2, 3, \tag{55}$$

$$p_0 = mc,\ p_1 = p_x,\ p_2 = p_y,\ p_3 = p_z.$$

Четырёхрядные матрицы Дирака получены из двухрядных матриц Паули σ:

$$\alpha_i = \begin{vmatrix} 0 & \sigma_I \\ \sigma_i & 0 \end{vmatrix} \quad \sigma_1 = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix} \quad \sigma_2 = \begin{vmatrix} 0 & i \\ i & 0 \end{vmatrix} \quad \sigma_3 = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{vmatrix} \quad \alpha_0 = \begin{vmatrix} I & 0 \\ 0 & -I \end{vmatrix} \qquad (56)$$

Здесь I – единичная двухрядная матрица.

Согласно развиваемым представлениям (рис. 5), можно записать:

$$m^2c^4 = E^2{}_t - p^2{}_t\, c^2,\ E_t = m_t\, c^2\, \beta^{-1} = m_t\, cE/p,\ p_t = m\, m_t\, c^2 / p,\ m = m_t. \qquad (57)$$

Поэтому с учётом (57) уравнение (55) примет вид

$$E = c\,(p^2 + E^2{}_t\, c^{-2} - p^2{}_t)^{1/2} = c \sum (\alpha_i\, p_i + \alpha_0\, m_t\, E\,/cp + \alpha_{ti}\, p_t). \qquad (58)$$

Четырёхрядные матрицы α_{ti} получены из двухрядных матриц Паули:

$$\alpha_{ti} = \begin{vmatrix} 0 & -\sigma_i \\ \sigma_I & 0 \end{vmatrix} \qquad (59)$$

Здесь $\alpha_{i,}$ α_0, α_{ti} – четырёхрядные взаимно антикоммутирующие матрицы, I – единичная четырёхрядная матрица.

В операторном представлении (58) примет вид:

$$I\,\nabla_t = c \sum(-\alpha i\, \nabla i + \alpha_0\, m\, \nabla_t\, (ih\nabla)^{-1} + \alpha_{ti}\, m^2c^2\, (h^2\, \nabla_I)^{-1)}. \qquad (60)$$

Запишем также суммарную энергию:

$$E^2 + E^2{}_t = c^2p^2 + c^2p^2{}_t + 2c^2pp^{\mathrm{t}} = c^2p^2 + c^2p^2{}_t + 2c^4m\, m_t = E^2\, \beta^{-2} = E^4\, (cp)^{-2}. \qquad (61)$$

Матричное «извлечение» квадратного корня приводит к уравнению

$$I\, E^2(cp)^{-1} = c \sum (\alpha_i\, p_i + i\alpha_{ti}\, p_{ti} + \alpha_0\, 2^{1/2}mc^2{}_{),} \qquad (62)$$

или в операторном представлении

$$I\, \nabla^2{}_t\, \nabla^{-1} = c^2 \sum(\alpha_i\, \nabla - \mathrm{i}\alpha_{ti}\, mm_t\, c^2\, (h^2\, \nabla_I)^{-1} + \alpha_0\, 2^{1/2}\, i\, mc^2\, h^{-1}. \qquad (63)$$

Если ось z принять за направление движения, тогда уравнение (63) примет вид:

$$I\, \nabla^2{}_t = c^2\, \alpha_3\, \nabla^2 - i\alpha_{t3}\, m^2c^2h^{-2} + \alpha_0\, 2^{1/2}\, i\, mc^2\, h^{-1}\, \nabla. \qquad (64)$$

Электромагнитное поле. При включении электромагнитного поля обобщенный импульс равен

$$P = mv(1 - \beta^2)^{-1/2} + ec^{-1}A = p + ec^{-1}\, A \qquad (65)$$

и функция Гамильтона

$$H = mc^2\, (1 - \beta^2)^{-1/2} + e\varphi = E + e\varphi. \qquad (66)$$

Здесь A, φ – соответственно, векторный и скалярный потенциалы, e – заряд.

Из (65) и (66) следует представление соответственно импульса и энергии частицы в электромагнитном поле:

$$p = P - ec^{-1}A, \qquad (67)$$

$$E = H - e\varphi. \qquad (68)$$

На основании (67) двойственный импульс равен

$$P_t = mm_t\, c^2\, (P - ec^{-1}A)^{-1} \qquad (69)$$

и двойственная энергия

$$E_t = m_t\, c\, E\, p^{-1} = m_t\, c\, (H - e\varphi)\, (P - ec^{-1}\, A)^{-1}. \qquad (70)$$

Уравнение движения заряда имеет вид:

$$F = dp/dt = eE + ec^{-1}\, [vH], \qquad (71)$$

Здесь напряженность электрического поля

$$E = -\, c^{-1}\partial A/\partial t - \mathrm{grad}\ \varphi \qquad (72)$$

и напряженность магнитного поля

$$H = \mathrm{rot}\, A. \qquad (73)$$

Из условия связи между импульсами $p\, p_t = m\, m_t\, c^2$ следует представление двойственной силы (световой)

$$F_t = dp_t/dt = -\, mm_t\, c^2 p^{-2}\, F \qquad (74)$$

или с учетом (71) и выражения

$$p = \int dt\, F \qquad (75)$$

находим двойственную силу в электромагнитном поле

$$F_t = -\, (mm_t\, c^2\, e^{-2})\, (e\, E + ec^{-1}[vH])\, \{\int dt\, (E + c^{-1}[vH])\}^{-2} \qquad (76)$$

и напряженность

$$e^{-1}F_t = -\, (mce^{-1})^2\, (E + [\beta H]\, \{\int dt\, (E + [\beta H])\}^{-2}. \qquad (77)$$

Объединив (71) и (76) в виде представления напряженности

$$e^{-1}\, F_{et} = e^{-1}\, (F + F_t) = (E + [\beta H])\, [1 - (mce^{-1})^2\, \{\int dt(E + [\beta H])\}^{-2}], \qquad (78)$$

представление (78) можно рассматривать как начальное уравнение электромагнитосветодинамики, когда электромагнитное поле вызывает появление светомагнитного поля.

Для постоянного электрического поля получаем напряженность светового поля

$$e^{-1}\, F_t = -\, (mm_t\, c^2\, e^{-2})\, (t^2\, E)^{-1}, \qquad (79)$$

при постоянном магнитном поле возникает светомагнитное поле

$$e^{-1}F_t = -\, (mce^{-1})^2\, [\beta H]\{\int dt[\beta H]\}^{-2}. \qquad (80)$$

Для электрона величина $m\ c\ e^{-1}$ составляет $5{,}6 \cdot 10^{-8}$ г$^{1/2}$ /см$^{1/2}$.

Закон Кулона для электросветового поля точечного заряда примет вид:

$$E_{et} = \mathrm{e}\ \boldsymbol{r}r^{-3}\ [1 - (mcr^2)^2\ (e^2\ t)^{-2}]. \tag{81}$$

При $t \to \infty$ приходим к статическому закону Кулона.

Запишем лагранжиан для заряда в электромагнитном поле

$$L = -\ mc^2\ (1 - \beta^2)^{1/2} + e\ A\ \beta - e\ \varphi, \tag{82}$$

его световой аналог можно представить в виде

$$L_t = -\ m_t\ c^2\ (1 - \beta^2{}_t)^{1/2} + e_t\ A_t\ \beta_t - e_t\varphi_t. \tag{83}$$

В (82) сделаем переход $\beta = (1 - \beta^2{}_t)^{1/2}$,

$$L = -\ mc^2\beta_t + eA(1 - \beta^2{}_t)^{1/2} - e\varphi, \tag{84}$$

Сравнивая (82) – (84), видим, что при переходе от движения в пространстве к движению во времени инерциальная энергия mc^2 становится векторной, а векторная eA – инерциальной.

При переходе в (83) от β_t к β получаем

$$L_t = -\ m_t\ c^2\beta + e_t\ A_t\ (1 - \beta^2)^{1/2} - e_t\varphi_t. \tag{85}$$

Видно, что при переходе от движения во времени к движению в пространстве инерциальная энергия m_tc^2 становится векторной, а векторная $e_t\ A_t$ – инерциальной. Поэтому светомагнитная динамика становится светоинерциальной динамикой : роль магнитной (векторной) энергии во временипространстве выполняет инерциальная в пространстве.

Здесь заряд e_t равен планковскому заряду $e_з$ ($e^2{}_t = e^2{}_p = hc$), исходя из представления энергии фотона

$$E_f = m_f\ c^2 = h\ \omega_f = hc\ (\lambda_f/2\pi)^{-1} = e^2{}_p\ (\lambda_f/2\pi)^{-1}. \tag{86}$$

Инерциальную энергию можно также представить в зарядовом представлении

$$mc^2 = h\omega = e^2{}_p\ (\lambda/2\pi)^{-1} \tag{87}$$

и рассматривать её как векторную во временипространстве.

Заряд полевых частиц «света» света равен нулю ($e^2{}_t = hc = 0$, $h = 0$).

Гравитационный заряд можно записать в виде:

$$e_g = k^{1/2}\ m = k^{1/2}e^2{}_p\ c^{-2}\ (\lambda/2\pi)^{-1} = k^{1/2}\ hc^{-1}\ (\lambda/2\pi)^{-1}. \tag{88}$$

Поэтому если записать уравнения гравитодинамики в зарядовом представлении, то частицам гравитационного поля может соответствовать условие $h = 0$, и становится возможным светоинерциальную динамику с рассматриваемых позиций связывать с гравитоинерциальной.

Заключение

Отметим следующее обстоятельство: из условия представления

$$p\, p_t = m\, m_t\, c^2 = (mc)^2 \tag{89}$$

вытекает выражение для силы в пространстве-времени:

$$F_{xt} = dp/dt + dp_t\,/dt = F + F_t = F - (mc)^2\, F\,/\,p^2 = F\,[1 - (mc)^2\,/\,(\textstyle\int dt\, F)^2\,] =$$

$$= F\,[1 - (mc)^2\,/\,(t_{\int} F_m)^2, \tag{90}$$

при действии постоянной силы

$$F_{xt} = F\,[1 - (mct^{-1}\, F^{-1})^2]. \tag{91}$$

Таким образом, время становится активным параметром в мировом пространстве-времени, и существующая механика становится асимптотической для построенной при $t \to \infty$. Чтобы исключить активность времени силовые поля должны быть периодическими во времени, что мы и наблюдаем в мировом пространстве.