Совмещение стандартной модели и ОТО

Якубовский Е.Г.

e-mail yakubovski@rambler.ru

Аннотация

Стандартная модель содержит определение комплексного потока энергии, определяя комплексную скорость частицы по формуле $V_i / c = \overline{\psi}\gamma^i\psi$. Отождествим это понятие со скоростью частиц вакуума, образующих элементарную частицу. Такая аналогия проходит при описании связи уравнения Навье – Стокса и уравнения Шредингера см. [1]. Аналогичная идеология связывает уравнение ОТО и стандартную модель. При этом уравнение стандартной модели в комплексном пространстве является детерминированным и описывает скорость частиц вакуума. Мнимая часть комплексного пространства описывает среднеквадратичное отклонение скорости, а действительная часть среднее значение. Но оказалось, что стандартная модель не совместима с комплексным пространством см. [4]. Поэтому ее надо видоизменить, используя генераторы стандартной модели для действительного пространства. При этом оказалось, что нелинейное уравнение ОТО определяет дискретные уровни энергии, при наличии непрерывного и дискретного излучения энергии см. [5].

1. Физический смысл метрического тензора ОТО

Скорость частиц вакуума образует тензор ОТО. Докажем это. Общая теория относительности построена для макротел, являющихся совокупностью частиц вакуума, и они вращаются с мнимой скоростью и поступательно движутся с действительной скоростью. Определим квадрат комплексной координаты материальных частиц, из которых состоит вакуум, двигающихся с поступательной скоростью $V_{s\alpha}, s = 1,...,3, \alpha$ номер частицы. При этом частицы вакуума будут вращаться с переменной мнимой скоростью $iw_{s\alpha}(t, x_1, .., x_3)$ см.

[1]. Считаем, что скорости частиц вакуума равномерно распределены в малом объеме, причем скорость вращения равна $w_{s\alpha} = w_{s\alpha}(t, x_1, ..., x_3)$ и имеется скорость поступательного движения $V_{s\beta} = V_{s\beta}(t)$, поступательное движение малого объема прямолинейно и зависит только от времени

$$ds^2 = \sum_{\alpha,\beta=-N}^{N} \sum_{s=1}^{3} (idw_{s\alpha} + dV_{s\beta})^2 t_q^2 / (2N) =$$

$$= \sum_{\alpha,\beta=-N}^{N} \sum_{s=1}^{3} (i \frac{\partial w_{s\alpha}}{\partial x^k} dx^k + i \frac{\partial w_{s\alpha}}{\partial t} dt + \frac{dV_{s\beta}}{dt} dt)^2 t_q^2 / (2N) =$$

$$= -\sum_{\alpha=-N}^{N} \sum_{s=1}^{3} \frac{\partial w_{s\alpha}}{\partial x^k} \frac{\partial w_{s\alpha}}{\partial x^l} t_q^2 / (2N) dx^k dx^l +$$

$$+ \sum_{\alpha,\beta=-N}^{N} \sum_{s=1}^{3} [2 \frac{\partial i w_{s\alpha}}{\partial x^k} \frac{dV_{s\beta}}{dt} - 2 \frac{\partial w_{s\alpha}}{\partial x^k} \frac{\partial w_{s\alpha}}{\partial t}] dx^k dt \cdot t_q^2 / (2N) +$$

$$+ \sum_{\alpha,\beta=-N}^{N} \sum_{s=1}^{3} [(\frac{dV_{s\beta}}{dt})^2 + 2 \frac{\partial i w_{s\alpha}}{\partial t} \frac{dV_{s\beta}}{dt} - (\frac{\partial w_{s\alpha}}{\partial t})^2] dt^2 t_q^2 / (2N) = \quad (1.1)$$

$$= -\sum_{k,l=1}^{3} h_{kl} dx^k dx^k + \sum_{k=1}^{3} h_{k0} dx^k c dt + h_{00} c^2 dt^2$$

Квадрат величины скорости равен удвоенной кинетической энергии частиц вакуума, деленной на массу покоя

$$2c^2 \sum_{\beta=-N}^{N} (\frac{1}{\sqrt{1 - V_\beta^2 / c^2}} - 1) / N = 2c^2 \sum_{\beta=-N}^{N} (u_{0\beta} - 1) / 2N = \sum_{\beta=-N}^{N} V_{rel\beta}^2 / 2N =$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} V_{rel}^2 \exp(-V_{rel}^2 / 2c^2) dV_{rel} / (c\sqrt{2\pi}) = c^2 \quad ,$$

$$V_{rel\beta}^2 = 2c^2 (u_{0\beta} - 1) \in [0, \infty]; \frac{V_\beta}{c} = \sqrt{1 - \frac{1}{(1 + \frac{V_{rel\beta}^2}{2c^2})^2}}$$

константа $t_q = \frac{\hbar^2}{m_e e^2 c} = \frac{\hbar^3}{137 m_e e^4}$ это постоянная квантовой механики. Т.е. получаем формулу инвариантного интервала общей теории относительности в системе координат, где средняя локальная скорость частиц вакуума равна нулю.

$$g_{kl} = \sum_{\alpha=-N}^{N} \sum_{s=1}^{3} \frac{\partial w_{s\alpha}}{\partial x^k} \frac{\partial w_{s\alpha}}{\partial x^l} t_q^2 /(2N)$$
$$g_{k0} = -\sum_{\alpha=-N}^{N} \sum_{s=1}^{3} \frac{\partial w_{s\alpha}}{\partial x^k} \frac{\partial w_{s\alpha}}{c\partial t} t_q^2 /(2N), \qquad (1.2)$$

при этом коэффициент при временной компоненте метрического тензора равен

$$g_{00} = \sum_{\beta=-N}^{N} \sum_{s=1}^{3} \left(\frac{dV_{s\beta}}{cdt}\right)^2 t_q^2 /(2N) - \sum_{\alpha=-N}^{N} \sum_{s=1}^{3} \left(\frac{\partial w_{s\alpha}}{c\partial t}\right)^2 t_q^2 /(2N). \quad (1.3)$$

При этом воспользовались соотношением $\sum_{\alpha=-N}^{N} \frac{\partial w_{s\alpha}}{\partial x^k} = 0, \sum_{\alpha=-N}^{N} \frac{\partial w_{s\alpha}}{\partial t} = 0$.

При этом имеем, используя вместо кинетической энергии системы полную энергию

$$g_{rr} = \sum_{s=1}^{3} \left(\frac{i\Delta w_s}{\Delta r}\right)^2 t_q^2 = \frac{(i\Delta w)^2 + 2U/m}{c^2} = -\left(1 + \frac{2\gamma M}{c^2}\right) = ,$$
$$= -(1 + r_g / r), r_g = 2\gamma M / c^2$$

$$g_{00} = \sum_{s=1}^{3} \left(\frac{\Delta V_s}{c\Delta t}\right)^2 t_q^2 = \int_0^\infty \frac{(\Delta V)^2 + 2U/m}{c^2} \exp[-m_\gamma (\Delta V)^2 /(2m_\gamma c^2)] d\Delta V =$$
$$= 1 - 2\gamma M /(rc^2) = 1 - r_g / r$$

Где M, масса частицы создающей гравитационное поле.

Скорость $w_{s\alpha}$ стационарна, т.е. от времени не зависит. Общая теория относительности не допускает физической сингулярности определителя, при средней локальной скорости частиц вакуума, равной нулю, образованного метрическим тензором, поэтому имеем $h_{00}h_{rr} = const$, откуда определяется более точная формула $h_{rr} = -\frac{1}{1 - r_g / r}, h_{00} = 1 - r_g / r$ при средней локальной скорости частиц вакуума u_l, равной нулю.

В случае отсутствия внешнего потенциала для частиц вакуума имеем $g_{kl} = \delta_{kl}$. При этом имеем что $\sum_{s=1}^{3} \left(\frac{\Delta w_s}{\Delta x_k}\right)^2 t_q^2 = 1$, $\sum_{s=1}^{3} \left(\frac{\Delta V_s}{c\Delta t}\right)^2 t_q^2 = 1$ и скорость $w_{s\alpha}$ стационарна, т.е. от времени не зависит.

Что приводит к предположению существования кванта времени, пространства и скорости

$$\Delta x_k = l_q / N = l_{Pl} / \sqrt{137}, \Delta t = t_q / N = t_{Pl} / \sqrt{137},$$

$$\Delta V = \sqrt{\sum_{s=1}^{3} (\Delta w_s)^2} = c / N = 10^{-14} cm / \sec,$$

$$l_q = \hbar^2 / m_e e^2, t_q = l_q / c, \alpha = \frac{1}{137.035989} \qquad .$$

$$N = \hbar^2 \sqrt{137} / (l_{Pl} m_e e^2) = \frac{\sqrt{137} a_0}{l_{Pl}} =$$

$$= \frac{\sqrt{137.035989} \cdot 0{,}5291772109\,2 \cdot 10^{-8}}{1.616199 \cdot 10^{-33}} = \frac{137.035989^{3/2} m_{Pl}}{m_e} =$$

$$= 3.8328658 \cdot 10^{25} = \begin{cases} 2^{85} / [(1+\alpha)(1+\alpha^{1.5})^3 (1+\alpha^2)^2 (1+\alpha^{2.5})^5 (1+\alpha^3)^2](1 \pm 10^{-6}) \\ 696^9 (1 \pm 0.9 \cdot 10^{-4}) \end{cases}$$

Константа N определена с точностью измерения по данным CODATA 2010,2012 $a_0 = 0{,}5291772109\,2(17)10^{-8} cm$, величина $l_{Pl} = 1.616199(97)10^{-33} cm$. При этом эта константа равна степени двойки, с поправкой на множитель, зависящий от мировых констант.

Причем среднее от квадратов случайной величины равно квадрату среднего плюс дисперсия. Значит, величина скорости света может оказаться больше скоростей отдельных частиц при большой дисперсии действительной скорости вращения частиц вакуума.

При этом добавка к скорости поступательного движения аддитивной величины скорости для инерциальной системы координат, не приведет к изменению метрического тензора. Используется формула суммирования скоростей Галилея, так как получается метрический тензор пространства Минковского с помощью комплексной скорости в обычной евклидовой метрике. И только после этого возникает формула релятивистского сложения скоростей.

Отметим, что в микромире метрический тензор изрезан. Скорость частиц вакуума, зависит от потенциалов, действующих на них. Внутри тела действует множество потенциалов, которые изменяют скорость и концентрацию частиц вакуума, и, следовательно, меняют метрический тензор. Это говорит о связи метрического тензора не только с гравитационным полем, но и с полем сильного, слабого, и электромагнитного взаимодействия. Если в случае СТО метрический тензор является константой, равной ± 1, а линейные поля определяют взаимодействие, то в ОТО принята другая идеология, поля описываются метрическим тензором, могущим иметь нелинейные свойства, а при малой нелинейности метрический тензор переходит в линейные поля. Метрический тензор лучше описывает нелинейные свойства полей, чем нелинейные потенциалы стандартной модели, так как образуется конструкция из скоростей частиц вакуума, на которые воздействуют потенциалы. Причем сами по себе потенциалы стандартной модели не имеют физического смысла.

2. Связь метрического тензора с полями стандартной модели

Гравитационную массу покоя представим, как $\sqrt{\gamma}m$ и введем дополнительный множитель в правую часть уравнения ОТО

$$(1+\frac{iq_1}{m_1\sqrt{\gamma}})(1+\frac{iq_2}{m_2\sqrt{\gamma}}) = (1+\frac{iq_1}{m_1\sqrt{\gamma}}+\frac{iq_2}{m_2\sqrt{\gamma}}-\frac{q_1q_2}{m_1m_2\gamma}), \qquad (2.1)$$

учитывающий электромагнитный заряд частиц разного знака

$$R_i^k = \frac{8\pi\gamma}{c^4}(1+\frac{iq_1}{m_1\sqrt{\gamma}})(1+\frac{iq_2}{m_2\sqrt{\gamma}})(T_i^k - \frac{1}{2}\delta_i^k T). \qquad (2.2)$$

При величине массы, удовлетворяющей условию $m \to \infty$, получим стандартное детерминированное уравнение общей теории относительности. Причем гравитационный радиус

$$r_g = 2\gamma m_2 / c^2 - 2q_1q_2/(m_1c^2) + 2iq_1m_2\sqrt{\gamma}/m_1c^2 + 2iq_2\sqrt{\gamma}/c^2 \qquad (2.3)$$

для малых частиц имеет размер, соответствующий размерам квантовой механики. При этом, если имеем взаимодействие частицы и античастицы, то гравитационный радиус равен $r_g = 2\gamma m/c^2 + 2e^2/(mc^2)$. В случае взаимодействия двух электронов гравитационный радиус комплексный и равен $r_g = 2\gamma m/c^2 - 2e^2/(mc^2) + 4ie\sqrt{\gamma}/c^2$. При этом физический смысл имеет модуль гравитационного радиуса. Для описания микромира необходимо при использовании метрического тензора, чтобы он имел характерный размер, соответствующий размерам элементарных частиц. Процесс излучения электромагнитной энергии связан с имеющим малые размеры электроном.

Но возникает проблема описания электромагнитного поля, спин фотона которого равен 1, а спин гравитационного поля равен 2. Но введение мнимого потенциала снимает эту проблему. В случае электромагнитного взаимодействия частицы – античастицы образуется электромагнитное поле со спином 2. При повороте системы на π надо добавить комплексное сопряжение, так как такой поворот соответствует зарядовому сопряжению диполя. Значит, мнимая величина заряда умножается на минус единицу и получается эквивалентное состояние, значит, спин электромагнитного поля для частицы и античастицы равен двум, так как поворот на π приводит к эквивалентному состоянию. В случае если заряды действительны для получения эквивалентного состояния надо поворачивать систему на 2π, и тогда спин электрона равен единице. Значит, электромагнитное поле при взаимодействии частицы и античастицы описывается уравнение ОТО. При этом гравитационный радиус считается по формуле $r_g = \frac{2\gamma m}{c^2} + \frac{e^2}{mc^2}$, т.е. получаем одинаковую структуру электромагнитного и гравитационного поля. При взаимодействии произвольных частиц изменяется структура гравитационного радиуса см. формулу (2.3), так как спин гравитационного и электромагнитного поля разный. Значит ОТО описывает не только частицы со спином 2, но путем комплексного гравитационного радиуса описывает частицы с другим спином.

Но как совместить волновые функции стандартной модели с детерминированными метрическими тензорами. Для этого необходимо использовать понятие скорости частиц вакуума, описываемого формулой $V_i / c = \overline{\psi}\gamma^i\psi$, где γ^i матрицы Дирака и тогда волновые функции будут описывать частицы вакуума, которые и образуют гравитационное поле. Индексы у метрического тензора g_{ik}, могут иметь как положительные, так и отрицательные значения, как и индексы у координат $x^i, i = -4,...,-1,1,...,4$. Всего имеется 64 компоненты метрического тензора. Итак, уравнение общей теории относительности имеет вид волнового нелинейного уравнения с калибровочной производной. При этом метрический тензор четырехмерного пространства, получается, по формуле $(g_{ik} + g_{-i,-k})/2$. Причем, если один из индексов равен по модулю единице, получаем отдельно действительную и мнимую часть метрического тензора. При этом действительная часть поля соответствует гравитационному полю, а мнимая часть электромагнитному полю.

При этом имеется 32 глюонных полей $G_{\mu}^{a}, a = 1,\ldots,8, \mu = 1,\ldots,4$ по числу генераторов группы $SU(3)_c$, двенадцать калибровочных поля $V_{\mu}^{i}, i = 1,\ldots,3, \mu = 1,\ldots,4$ группы $SU(2)_w$ по числу генераторов этой группы. Четыре потенциала поля $B_{\mu}, \mu = 1,\ldots,4$ группы $U(1)_Y$. Кроме того, имеется 4 потенциала гравитационного поля. Причем электромагнитное поле и гравитационное поле надо рассматривать совместно. Отличие этих полей состоит в том, что сильное гравитационное поле всегда статично, а электромагнитное поле может быть статичным, а может распространяться в виде волны. Итого имеется 48 калибровочных полей, по числу независимых компонент метрического тензора.

Для получения зависимости метрического тензора от этих полей исследуем уравнение общей теории относительности. Гравитационную массу представим, как $\sqrt{\gamma} m$, где γ это гравитационная постоянная, и введем дополнительный множитель в случае взаимодействия частицы и античастицы $[1 + ie/(m\sqrt{\gamma})][1 - ie/(m\sqrt{\gamma})] = 1 + e^2/(m^2\gamma)$ в уравнение общей теории относительности, где величина e имеет размерность заряда.

Уравнения общей теории относительности запишутся в виде

$$R_i^k = \frac{8\pi\gamma}{c^4}(1 + \frac{e^2}{\gamma m^2})(T_i^k - \frac{1}{2}\delta_i^k T).$$

При величине массы, удовлетворяющей условию $m \to \infty$, получим стандартное детерминированное уравнение общей теории относительности. Эти члены оказывают влияние на поведение микросистем, с вероятностным описанием. Причем гравитационный радиус имеет размер, соответствующий размерам квантовой механики. Это необходимо при использовании метрического тензора, чтобы он имел характерный размер, соответствующий размерам длины волны элементарных частиц.

Построим, метрический тензор общей теории относительности по функции Лагранжа для малых скоростей в случае электромагнитного и гравитационного поля. Функция Лагранжа для электромагнитного и гравитационного поля, равна

$$L = -mc^2\sqrt{1 - V^2/c^2} - eA_i V^i/c - mU, \qquad (2.4)$$

где четырехмерная скорость при малой скорости движения тела равна $V^i = (1, V^\alpha/c), \alpha = 1,...,3; i = 0,...,3$. Вводя вместо заряда e комплексный заряд $ie + m\sqrt{\gamma}$, и подключая токи Лагранжиана стандартной модели, получим

$$\begin{gathered} L = -mc^2\sqrt{1 - V^2/c^2} - (ie + m\sqrt{\gamma})A_i V^i/c - ig_s\frac{\lambda^a}{2}G_i^a V_b^i/c - \\ - gW_i^+ V_l^{i+}/c - gW_i^- V_l^{i-}/c - gZ_i V_l^{i0}/c \end{gathered}, \qquad (2.4a)$$

где гравитационный потенциал U входит в потенциал A_0. Имеем соотношение

$$S = -mc\int ds = \int Ldt,$$

Причем справедлива формула (эта формула справедлива при малой энергии частиц, вернее при малой поправке к тензору пространства Галилея)

$$\begin{gathered} ds = \{\overline{\psi}^*\psi\sqrt{1 - V^2/c^2} + B + [(ie + m\sqrt{\gamma})A_i^*\overline{\psi}^*\gamma^i\psi + \\ + ig_s\frac{\lambda^a}{2}G_i^a V_b^i + gW_i^+ V_l^{i+} + gW_i^- V_l^{i-} + gZ_i V_l^{i0}]/(mc^3)\}cdt. \end{gathered}$$

$$B = \frac{\hbar\omega}{2mc^2}(a^+ a + bb^+)\psi$$

Где a^+ оператор рождения частицы, a оператор уничтожения частицы. b^+, b операторы рождения античастицы и операторы ее уничтожения в случае Бозе частицы. В случае Ферми частицы нужно использовать оператор $B=\frac{\hbar\omega}{2mc^2}(a^+a-bb^+)\psi$.

Тогда метрический интервал имеет вид

$$
\begin{gathered}
ds=\{\bar{\psi}\psi\sqrt{1-V^2/c^2}+B+[(ie+m\sqrt{\gamma})A_i+ig_s\frac{\lambda^a}{2}G_k^aC_{bi}^k+ \\
+igW_k^+C_{li}^{k+}+igW_k^-C_{li}^{k-}+igZ_kC_{li}^{k0}]V^i/(mc^3)\}cdt= \\
=\{\bar{\psi}\psi\sqrt{1-V^2/c^2}+B+Q_iV^i/(mc^3)\}cdt
\end{gathered}
.
$$

$$
Q_i=(ie+m\sqrt{\gamma})A_i^*+ig_s\frac{\lambda^a}{2}G_k^aC_{bi}^k+igW_k^+C_{li}^{k+}+igW_k^-C_{li}^{k-}+igZ_kC_{li}^{k0}
$$

Где величина четырехмерной плотности тока V^i/c определяется по формуле $V^i/c=\bar{\psi}\gamma^i\psi$, где ψ величина спинора материального поля, а величина V^i/c представляет собой сохраняющийся 4-вектор плотности тока частиц.

Кроме того, считаем, что произошло спонтанное нарушение калибровочной симметрии, и калибровочные векторные бозоны обрели массу. Опишем основные члены для полей материи Q_i, определяющих метрический интервал при малых энергиях, а значит можно вычислить метрический тензор при малых энергиях, обобщая его на большие энергии. Величины λ^a это матрицы Гелл-Манна. Глюонные поля представлены восемью четырехмерными векторами G_k^a. Имеется три четырехмерных вектора калибровочного поля слабого взаимодействия $W_k^{\pm},Z_k$. Кроме того, в метрическом интервале участвует четырехмерный потенциал фотона A_i.

Причем плотности тока в сильных и слабых взаимодействиях связаны с формулами плотности тока материального взаимодействия с помощью формулы $V_b^k=C_{bi}^kV^i, V_l^{k\pm}=C_{li}^{k\pm}V^i, V_l^{k0}=C_{li}^{k0}V^i$. Как же связать плотности токов материального взаимодействия, с плотностью токов слабого и сильного взаимодействия. Для этого определим матрицы (случай слабого взаимодействия описывается аналогично)

$$\begin{Vmatrix} V_b^1 - V_b^4 & V_b^2 + iV_b^3 \\ V_b^2 - iV_b^3 & V_b^1 + V_b^4 \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{Vmatrix} \cdot \begin{Vmatrix} V^1 - V^4 & V^2 + iV^3 \\ V^2 - iV^3 & V^1 + V^4 \end{Vmatrix}.$$

При этом определитель матрицы плотности тока равен метрическому интервалу $(V^1)^2 - \sum_{k=2}^{4} (V^k)^2 = const$, так как рассматривается четырехмерная плотность тока. Матрица перехода $a_{ik}, i,k = 1,2$ из этого матричного уравнения определится однозначно, а по ней можно определить величины $C_{bi}^k, C_{li}^{k\pm}, C_{li}^{k0}$.

Величина плотности тока, определяемая кварками

$$V_b^i / c = \sum_{кварки} (\bar{q}\gamma^i q),$$

где q волновая функция кварков. Величина $V_e \; / c$ описывает электромагнитные взаимодействия кварков и лептонов

$$V_e \; / c = e\sum_f q_f \bar{f}\gamma^\mu A_\mu f \,.$$

где eq_f электрический заряд фермиона f. Этот член входит в член электромагнитного взаимодействия электронов.

Величина V_l^{i+} относится к слабым взаимодействиям и описывает взаимодействие лептонов и кварков с W бозонами (заряженные токи) и определяется по формуле

$$V_l^{i+} / c = \frac{1}{\sqrt{2}}[\sum_n \bar{\nu}_n \gamma^i (1-\gamma^5) e_n + \sum_{m.n} \bar{u}_m \gamma^i (1-\gamma^5) V_{mn} d_n].$$

При этом величина $V_l^{i-} = V_l^{i+^*}$. Величина V_{mn} это матрица Каббибо – Кобаяши – Маскава. Величина, описывающая взаимодействие лептонов и кварков с Z бозонами (нейтральные токи)

$$V_l^{i0} / c = \frac{1}{2\cos\theta_W} \sum_f \bar{f}\gamma^i [t_3^f (1-\gamma^5) - 2q_f \sin^2 \theta_W] f \,.$$

Здесь суммирование по f означает суммирование по всем кваркам и лептонам, t_3^f - слабый изоспин, равный 1/2 для верхних кварков (u,c,t) и нейтрино и равный -1/2 для нижних кварков и заряженных лептонов (d,s,b). Угол θ_w это слабый угол смешивания.

Тензор энергии и импульса в микромире имеет вид

$$T_{lk} = \mu c g_{lp} g_{kq} u^p u^q \frac{ds}{\sqrt{-g}dt} = \mu c^2 g_{lp} g_{kq} u^p u^q \frac{\sqrt{g_{00}}}{\sqrt{-g}} \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}_0)$$

Величина u_i это ковариантная составляющая четырехмерной скорости частицы. При этом к тензору энергии импульса надо добавить часть, связанную со слабыми и сильными взаимодействиями

$$\Delta T_{lk} = \mu c g_{lp} g_{kq} U^p U^q \frac{ds}{\sqrt{-g}dt} = \mu c g_{lp} g_{kq} U^p U^q \frac{ds}{\sqrt{-g}dt} \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}_0).$$

которая в случае малых энергий переходит в выражение

$$\Delta T_i^k = \mu U_i U^k \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}_0).$$

где величина μ масса частицы. Причем в данном случае величины $U^k = [g_s C_{bi}^k + g(C_{li}^{k+} + C_{li}^{k-} + C_{li}^{k0})]V^i / m\sqrt{\gamma}$, где m, V_i масса и скорость частицы.

При этом уточним формулу для квантованного метрического тензора. Его дискретное состояние определим по формуле

$$< g_{lk} >= \int g_{lk} \,|(1 + ie/m\sqrt{\gamma})V^i + U^i \,|\, dV / \int \,|(1 + ie/m\sqrt{\gamma})V^i + U^i \,|\, dV .$$

Причем в величины плотности тока V^i, U^i входят волновые функции, и значит, метрический тензор будет принимать дискретные значения.

Мнимый электрический заряд является естественным обобщением формулы (2.4), так как его использование в сочетании с формулой (2.4), приводит к волновому уравнению с мнимым зарядом в правой части, которое следует из уравнения общей теории относительности. Комплексно сопряженное значение мнимого заряда входит в формулу для Лагранжиана. Введение мнимого заряда позволяет единым образом описать отталкивание зарядов одного знака и притяжение гравитационных масс. При таком определении статический закон взаимодействия зарядов и масс будет одинаков.

Кроме того, заряды и массы входят в одинаковые волновые уравнения. Значение элементарного заряда e гораздо больше массы элементарных частиц

$m\sqrt{\gamma}$, и поэтому массы элементарных частиц не проявляют излучающих свойств. Поэтому считается, что в волновом уравнении временной член для уравнения относительно гравитационного поля равен нулю. В случае больших масс, излучение будет не дипольным. Будет образовываться статическое поле, как аналогичное электрическому и магнитному полю, только действительное. Электромагнитный потенциал излучения зарядов будет мнимым, но будучи умноженным на мнимый заряд дает действительную силу.

Метрический тензор рассматриваем в восьмимерном пространстве, причем индекс имеет значения $-4,...,-1,1,...,4$. Это позволит для диагональных элементов с разным знаком индексов, получать комплексные значения, что невозможно, если индекс равны.

Для метрического тензора, соответствующего электромагнитному, гравитационному полю, слабому и сильному взаимодействию стандартной модели описывающему инерциальную систему отсчета при произвольных энергиях взаимодействия, получим

$$ds^2 = [\sqrt{1-V^2/c^2} + B + \frac{Q_\alpha V^\alpha}{mc^3}][\sqrt{1-V^2/c^2} + B + \frac{Q_\beta V^\beta}{mc^3}]c^2 dt^2 =$$

$$= \frac{1}{2}\{1 - \frac{V^2}{2c^2}[1+\gamma(\frac{V}{c})] + B + \frac{Q_\alpha V^\alpha}{mc^3}\}\{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}} + B + \frac{Q_\beta V^\beta}{mc^3}\}c^2 dt^2 + .$$

$$+ \frac{1}{2}\{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}} + B + \frac{Q_\alpha V^\alpha}{mc^3}\}\{1 - \frac{V^2}{2c^2}[1+\gamma(\frac{V}{c})] + B + \frac{Q_\beta V^\beta}{mc^3}\}c^2 dt^2$$

Откуда получаем для значения метрического тензора

$$g_{\alpha 1} = g_{1\alpha} = \delta_{\alpha 1}(\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}} + B)^2 + \frac{Q_\alpha}{mc^2}(\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}} + B)$$

$$g_{\alpha\beta} = [1+\gamma(\frac{V}{c})]\delta_{\alpha\beta}[\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}} + B + \frac{\sum_{\alpha=1}^{4} Q_\alpha V^\alpha}{mc^3}]/2 + \frac{Q_\alpha}{mc^2}\frac{Q_\beta}{mc^2} \tag{2.5}$$

Можно получить функции, определяющие значения полей

$$B_\alpha = \delta_{\alpha 1}(\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}} + B)^2 + \frac{Q_\alpha}{mc^2}(\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}} + B),$$

$$M_{\alpha\beta}=[1+\gamma(\frac{V}{c})]\delta_{\alpha\beta}[\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}+B+\frac{\sum_{\alpha=1}^{4}Q_\alpha V^\alpha}{mc^3}]/2+\frac{Q_\alpha}{mc^2}\frac{Q_\beta}{mc^2},$$

при средних значениях потоков. При этом для вспомогательного тензора энергии-импульса материальных тел с учетом отрицательных индексов имеем $P_i^k=\mu c^2 u_i u^k/2$, μ плотность массы тела, откуда $T_{+1}^{+1}=\mu c^2/2$, $T_\beta^\alpha=\mu c^2 V^\alpha V^\beta/(4c), \alpha\neq\beta$. Деление на 2 величины P_β^α основано на равенстве $P_i^k=T_i^k+T_k^i, i\neq k$ при малых скоростях движения. Тогда имеем из уравнения общей теории относительности (2.4) ($T=\varepsilon$)

$$R_1^1=\frac{8\pi\gamma}{c^4}[(1+\frac{e^2}{\gamma m^2})T_1^1/2+\Delta T_1^1/2]$$

$$R_1^\alpha=\frac{8\pi\gamma}{c^4}[(1+\frac{e^2}{\gamma m^2})T_1^\alpha+\Delta T_1^\alpha],$$

$$R_\beta^\alpha=\frac{8\pi\gamma}{c^4}[(1+\frac{e^2}{\gamma m^2})T_\beta^\alpha+\Delta T_\beta^\alpha]$$

или опуская верхние индексы для не релятивистского случая, получим

$$R_{11}=2\pi m[\gamma(1+\frac{e^2}{\gamma m^2})+1]\delta(\vec r-\vec r_0)/c^2$$

$$R_{\alpha 1}=2\pi m\gamma[(1+\frac{e^2}{\gamma m^2})V_\alpha+U_\alpha]\delta(\vec r-\vec r_0)/c^3$$

$$R_{\alpha\beta}=2\pi m\gamma[(1+\frac{e^2}{\gamma m^2})V_\alpha V_\beta+U_\alpha U_\beta]\delta(\vec r-\vec r_0)/c^4$$

и так как выполняется $R_{ik}=\frac{1}{2}[\Delta-\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}]\eta_{ik}$, где η_{ik} малая поправка к метрическому тензору Галилея, получим $R_{11}=(\Delta B_1-1/c^2\partial^2 B_1/\partial t^2)/2$. Имеем уравнение для тензора $R_{\alpha 1}=(\Delta B_\alpha-1/c^2\partial^2 B_\alpha/\partial t^2)/2$. Для произвольных индексов не равных 1,−1, получим

$$R_{\alpha\beta}=(\Delta M_{\alpha\beta}-1/c^2\partial^2 M_{\alpha\beta}/\partial t^2)/2.$$

Т.е. имеем волновые уравнения

$$[\Delta_a M_{\alpha\beta} - \frac{\partial^2 M_{\alpha\beta}}{\partial x^{0^2}}] = 4\pi[(1 + \frac{e^2}{\gamma m^2})V_\alpha V_\beta + U_\alpha U_\beta]/c^2 \delta[(\vec{r} - \vec{r}_0)/r_g]$$

$$[\Delta_a B_\alpha - \frac{\partial^2 B_\alpha}{\partial x^{0^2}}] = 4\pi[(1 + \frac{e^2}{\gamma m^2})V_\alpha + U_\alpha]/c\delta[(\vec{r} - \vec{r}_0)/r_g], \qquad . \quad (2.6)$$

$$r_g = \gamma m/c^2 + e^2/mc^2$$

Координаты $x^0 = tc/r_g$, т.е. эта величина безразмерна, координаты Лапласиана тоже безразмерные.

Причем для частицы при большом расстоянии от излучающей частицы уравнение приобретает вид

$$\Delta A_\alpha - \frac{\partial^2 A_\alpha}{c^2 \partial t^2} = 4\pi(-iq + m\sqrt{\gamma})V_\alpha / c\delta(\vec{r} - \vec{r}_0) - \Delta \frac{\hbar\omega}{2(iq + m\sqrt{\gamma})}(a^+ a \pm bb^+)\psi_\alpha +$$

$$+ \frac{\partial^2 \frac{\hbar\omega}{2(iq + m\sqrt{\gamma})}(a^+ a \pm bb^+)\psi_\alpha}{c^2 \partial t^2}, \alpha = 2,\ldots,4$$

.

$$\Delta A_1 - \frac{\partial^2 A_1}{c^2 \partial t^2} = 4\pi(-iq + m\sqrt{\gamma})\delta(\vec{r} - \vec{r}_0) - \Delta \frac{\hbar\omega}{2(iq + m\sqrt{\gamma})}(a^+ a \pm bb^+)\psi_1 +$$

$$+ \frac{\partial^2 \frac{\hbar\omega}{2(iq + m\sqrt{\gamma})}(a^+ a \pm bb^+)\psi_1}{c^2 \partial t^2}$$

Т.е. в правой части волнового уравнения стоит оператор рождения и уничтожения элементарных частиц.

При больших массах тел и частотах, определяемых из соотношения $\omega = \frac{c}{r_g} = \frac{c}{137(\gamma m/c^2 + e^2/mc^2)}$, величина квантовой энергии частицы. пренебрежимо мала по сравнению с энергией макротела огромной массы, например равной массе Земли, которая является характерной для гравитационного взаимодействия, описываемого ОТО

$$\hbar\omega = \frac{\hbar c^3}{137\gamma m} = \frac{10^{-27} 27 \cdot 10^{30}}{137 \cdot 6.67 \cdot 10^{-8} 5.97 \cdot 10^{27}} = 4.95 \cdot 10^{-19} erg$$

является малой по сравнению с электромагнитной или гравитационной энергией поля $(iq + m\sqrt{\gamma})A = 5.97 \cdot 10^{27} 2 \cdot 10^{-4} A = A \cdot 1.5 \cdot 10^{24} erg$.

Где гравитационный потенциал входит в функцию A_1 . В случае малой электромагнитной энергии в связи с компенсацией положительных зарядов отрицательными, эта энергия тел является гравитационной и является действительной частью суммы $g_{ik} + g_{-i,-k}$. Эти уравнения справедливы не только для микромира, они оказываются справедливыми и для макромира, при малых значениях полей. Т.е. когда поправка к тензору пространства Галилея мала. Т.е. нерелятивистское уравнение для электромагнитного и гравитационного поля следует из уравнений общей теории относительности на большом расстоянии от излучающего электрона. Значит, на больших расстояниях от излучающих электронов волновое уравнение приобретает детерминированный характер.

Тогда остаток поля удовлетворяет

$$\Delta_a \Delta B_\alpha^a - \frac{\partial^2 \Delta B_\alpha^a}{\partial {x^0}^2} = 4\pi U_\alpha^a / c\delta[(\vec{r} - \vec{r}_0)/r_g]$$

$$[\Delta_a M_{\alpha\beta} - \frac{\partial^2 M_{\alpha\beta}}{\partial {x^0}^2}] = 4\pi[(1 + \frac{e^2}{\gamma m^2})V_\alpha V_\beta + U_\alpha U_\beta]/c^2\delta[(\vec{r} - \vec{r}_0)/r_g] .$$

Где для величины B_α справедливо

$$\Delta B_\alpha^a = \frac{ig_s \frac{\lambda^a}{2} G_k^a C_{b\alpha}^k + \delta_\alpha^a[igW_k^+ C_{l\alpha}^{k+} + igW_k^- C_{l\alpha}^{k-} + igZ_k C_{l\alpha}^{k0}]}{mc^2} . \quad (2.7)$$

$$U_\alpha^k = [g_s C_{b\alpha}^k + g(C_{l\alpha}^{k\pm} + C_{l\alpha}^{k0})]V^\alpha / m\sqrt{\gamma}$$

При этом имеем 32 компоненты G_i^a, и 16 компонент $W_i^\pm, W_i^0, Z_i$. Уравнений общей теории относительности имеется 64 штуки, если рассматривать величины $g_{\alpha\beta}$ как независимые величины. Но 16 уравнений с одним единичным знаком индекса окажутся комплексно сопряженные $g_{\alpha\pm1} = \overset{*}{g}_{\mp1-\alpha}$. Тогда число уравнений совпадет с числом компонент поля. Тогда получим 48 неизвестных полей и 48 уравнений. Т.е. зная компоненты метрического тензора

ОТО можно определить поля слабого, сильного, электромагнитного и гравитационного взаимодействия, которые обозначим через D_k^a, и которые состоят из компонент $G_k^a, W_k^+, W_k^-, Z_k, A_k; k=1,...,4; a=1,...,8$. Причем электромагнитное и гравитационное поле описываются одинаковыми уравнениями, только гравитационное поле действительно, а электромагнитное поле мнимое. Т.е. уравнение для этих разных полей надо считать в комплексной плоскости. Только для гравитационного поля, подсчитанного относительно масс, справедлива действительная часть. Для подсчитанного поля относительно зарядов нужно учитывать мнимую часть поля. Существует отличие в описании этих полей. Если для электромагнитного поля есть понятие диэлектрическая и магнитная проницаемость, то гравитационное поле распространяется в вакууме и в материальных телах одинаково. Это приводит к разным граничным условиям для этих полей. По-видимому, это связано с меньшим воздействием на элементарную частицу гравитационного поля по сравнению с электромагнитным полем. При этом уравнения их описывающие совершенно одинаковые.

При этом, зная 48 компонент метрического тензора, можно определить 48 компонент слабого, сильного, электромагнитного и гравитационного взаимодействия $G_k^a, W_k^+, W_k^-, Z_k, A_k; k=1,...,4; a=1,...,8$ из нелинейной системы уравнений второго порядка.

Это выражение совпадает с не релятивистским пределом уравнения для полей слабого и сильного взаимодействия при введении векторного и скалярного потенциала

$$(\sum_{\mu} D_\mu F_{\mu\nu})^a = g \cdot j_\nu^a, \sum_{\nu,\lambda,\rho} \varepsilon_{\mu\nu\lambda\rho}(D_\nu F_{\lambda\rho})^a = 0.$$

Формула взята из [3] §4.4. Величина D_k это калибровочная производная, которая в не релятивистском случае совпадает с обычной производной.

$$D_\mu F_{\lambda\rho}^a = \partial_\mu F_{\lambda\rho}^a + g_s C^{abc} A_\mu^b F_{\lambda\rho}^c.$$

При этом введя потенциал поля A_ρ^a по формуле $(F_{\lambda\rho})^a = D_\lambda A_\rho^a - \partial_\rho A_\lambda^a$, которые обращают второе уравнение в тождество и подставляя в первое уравнение, получим волновое уравнение с калибровочной производной

$$\sum_\mu D_\mu (D_\mu A_\nu^a - \partial_\nu A_\mu^a) = \sum_\mu D_\mu D_\mu A_\nu^a = g \cdot j_\nu^a,$$

$$\sum_\mu D_\mu \partial_\nu A_\mu^a = D_\mu D_\nu A_\mu^a - D_\mu g C^{abc} A_\mu^b A_\mu^a = D_\nu D_\mu A_\mu^a = D_\nu \partial_\mu A_\mu^a = 0.$$

Причем применена калибровка потенциала $\partial_\mu A_\mu^a = 0$ Дебая. Причем в не релятивистском случае величина $A_\mu^b F_{\lambda\rho}^c$ мала. В не релятивистском случае эти уравнения сводятся к нелинейному волновому уравнению с не калибровочной производной. В релятивистском случае связь между уравнениями стандартной модели для полей и уравнениями ОТО для слабых, сильных взаимодействий не существует, и для описания этих полей необходимо использовать метрический тензор. В калибровочное волновое уравнение ОТО входит сумма потенциалов полей слабого, сильного, электромагнитного и гравитационного взаимодействия, а не каждое слабое, сильное, электромагнитное поле по отдельности, как это происходит с вычислением полей стандартной модели.

Отметим связь между символом Кристоффеля со структурными константами $G^{a\mu\nu} = f^{abc} A_b^\mu A_c^\nu = g^{b\mu} g^{\nu q} \Gamma_{bc}^a$. Надо просуммировать симметричную и антисимметричную часть символа Кристоффеля, так как имеются положительные и отрицательные индексы $(\Gamma_{bc}^a - \Gamma_{-b-c}^{-a})/2 + (\Gamma_{bc}^a + \Gamma_{-b-c}^{-a})/2$, в ковариантной производной использовать антисимметричную часть. Тогда при совпадении индексов b,c получим 0 в силу симметрии символа Кристоффеля по этим индексам. Этого достаточно для определения структурной константы, так как один индекс определяет проекцию левой части.

Отметим, что решение нелинейного уравнения ОТО имеет дискретный спектр энергии см.[5] с возможным излучением энергии, т.е. определяемые значения метрического тензора дискретны.

Отметим, что зная тензор энергии-импульса поля сильного, слабого, электромагнитного и гравитационного взаимодействия g_{ik} можно вычислить энергию образования элементарных частиц из поля. Для этого надо использовать энергию поля плюс частица T_{Σ}^{ik} и энергию частицы T_0^{ik}, соответствующей энергии в пространстве Галилея

$$T_{\Sigma}^{ik} = \sqrt{-g}T^{ik} = \mu c u^i u^k \frac{ds}{dt} + \sqrt{-g}t_{ik}$$
$$T_0^{ik} = \mu c u^i u^k \frac{ds}{dt}.$$

Причем для тензора энергии-импульса поля плюс частица справедливо $\frac{\partial T_{\Sigma}^{ik}}{\partial x^k} = 0$ при соответствующем выборе системы координат и значении метрического тензора ОТО см. [2],§96, и для тензора энергии импульса частицы справедливо $\frac{\partial T_0^{ik}}{\partial x^k} = 0$, при метрическом тензоре пространства Галилея. Значит, величиной энергии-импульса являются сохраняющиеся величины, где интегралы берутся при постоянном времени

$$\int T^{ik} dS_k = \int T^{i0} dV .$$

Интеграл по гиперповерхности при постоянном времени эквивалентен интегралу по всему пространству. Доказательство одинаковости интегралов от тензора энергии-импульса по всему объему при постоянном времени см. [2], §96.

Причем для определения энергии частицы надо проинтегрировать по пространству этот тензор при фиксированном времени

$$P^0 c = W = \int T_{\Sigma}^{0k} dS_k - \int T_0^{0k} dS_k = \int T_{\Sigma}^{00} dV - \int T_0^{00} dV$$

Для определения распределения импульса образовавшихся частиц, надо вычислить интегралы

$$P^i = \frac{1}{c}[\int T_{\Sigma}^{ik} dS_k - \int T_0^{ik} dS_k = \frac{1}{c}[\int T_{\Sigma}^{i0} dV - \int T_0^{i0} dV]$$

Литература

1. *Якубовский Е.Г.* Физический смысл уравнений квантовой механики, электродинамики и уравнения ОТО. «Энциклопедический фонд России». 2014г., 65с., http://russika.ru/sa.php?s=890
2. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теория поля т.II, Наука, М.,1973,564с.
3. *В.И. Рубаков* Классические калибровочные поля: Бозонные теории М.: URSS, 2005г., 296с.
4. Якубовский Е.Г. Невозможность построения стандартной модели в комплексном пространстве «Энциклопедический фонд России». 2015, http://russika.ru/userfiles/390_1446370501.pdf
5. Якубовский Е.Г. Решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка с учетом дискретного излучения «Энциклопедический фонд России», 2015, 25стр.
   http://russika.ru/userfiles/390_1456730331.pdf