УДК 53

DOI 10.21661/r-561704

Якубовский Евгений Георгиевич

инженер

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»

г. Санкт-Петербург

ВОЛНОВОЕ УРАВНЕНИЕ ДЛЯ ДИЭЛЕКТРИКА НЕ ИНВАРИАНТНО ОТНОСИТЕЛЬНО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛОРЕНЦА СО СКОРОСТЬЮ СВЕТА В ВАКУУМЕ

Аннотация: *вычислена скорость изменения времени по отношению к инвариантному интервалу, и показано, что изменение времени меньше у неподвижной системы отсчета, т. е. при нулевой скорости. Это противоречит формулам специальной теории относительности, согласно которым движущиеся часы показывают наименьшее время. Цитата из [1] §3 «Собственное время движущегося объекта всегда меньше, чем соответствующий промежуток времени в неподвижной системе. Другими словами, движущиеся часы идут медленнее неподвижных». Не буду спорить о терминологии, об определении движущейся собственной системы отсчета, хотя, считаю, что собственная система отсчета, в которой часы неподвижные, изменение времени минимальное. Согласно [1] собственных двигающихся систем отсчета множество, а в неподвижных время течет быстрее. Но разность времен относительно двигающейся со скоростью света системе отсчета и неподвижной системе отсчета равна бесконечности, т. е. время в неподвижной системе отсчета может равняться бесконечности. Но это только наводит на подозрение о неправильности определения системы отсчета. Я же хочу доказать, что в одной системе отсчета время неподвижных часов минимальное.*

Ключевые слова: *преобразование Лоренца, фазовая скорость, четырехмерная скорость.*

Перечислю существующие идеи статьи. С помощью преобразования Лоренца образуются инвариантные волновые уравнения при переменной фазовой скорости преобразования Лоренца. Волновое уравнение образует инвариант решения волнового уравнения при описании микрочастиц, со скоростью света в вакууме. Но имеется замена преобразованию Лоренца, которая работает почти всегда, если есть две точки у тела, это преобразование Галилея с четырехмерной скоростью, интеграл от которой по интервалу образует инвариантную величину, причем разность координат или времени при двух значениях интервала образует инвариант. Точечное тело не описывается четырехмерной скоростью, для него справедливо преобразование Лоренца.

Перехожу к вычислению скорости времени относительно инвариантного интервала.

$$ds = c\sqrt{1\text{-}V^2/c^2}dt$$

$$\frac{dt}{ds} = \frac{1}{c\sqrt{1\text{-}V^2/c^2}}; t\text{-}t_0 = \frac{s\text{-}s_0}{c\sqrt{1\text{-}\sum_{k=1}^{3} V_k^2(s)/c^2}} \quad (1)$$

Отмечу, что действие происходит в одной инерциальной системе отсчета, где тело имеет скорость V. Или

$$ds = dt\sqrt{g_{ik}(s)dV^i(s)dV^k(s)}$$

$$\frac{cdt}{ds} = \frac{1}{\sqrt{g_{00}(s) + 2\sum_{i=1}^{3}\frac{g_{i0}(s)V^i(s)}{c} + \sum_{i,k=1}^{3}\frac{g_{ik}(s)V^i(s)V^k(s)}{c^2}}} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{\lambda_0\text{-}\sum_{k=1}^{3}\lambda_k U_k^2/c^2}}; \lambda_k > 0; k = 0,\dots,3; t\text{-}t_0$$

$$= \int_{s_0}^{s}\frac{ds}{c\sqrt{\lambda_0(s)\text{-}\sum_{k=1}^{3}\lambda_k(s)U_k^2(s)/c^2}}$$

У двигающегося тела время течет быстрее относительно интервала ОТО, изменение времени больше. Имеется минимальное изменение времени при неподвижном теле. В книге [1] в приведенной цитате из книги у неподвижных часов показания часов должны быть больше, чем у двигающихся часов, что противоречит формуле (1).

Имеется эксперимент по вычислению продолжительности жизни у двигающегося мюона и неподвижного мюона. У неподвижного мюона время жизни меньше, чем у двигающегося в соответствии с формулой (1). Этот эксперимент противоречит парадоксу близнецов, согласно которому близнец путешественник проживет меньшее время, чем близнец домосед. Эксперимент упрямая вещь, и согласно нему в неподвижной системе отсчета время течет медленнее, чем в двигающейся, т.е. близнец домосед проживет меньшее время, чем близнец путешественник.

Можно получить преобразование Лоренца из инвариантности метрического интервала следуя выводу преобразований Лоренца в [1]. Отметим основные моменты этого вывода. Инвариантен метрический интервал

$$ds^2 = c_d^2 d\tau^2 - (dx^1)^2 - (dx^2)^2 - (dx^3)^2 =$$
$$= c_d'^2 d\tau'^2 - (dx'^1)^2 - (dx'^2)^2 - (dx'^3)^2 \quad .$$

При этом связь между штрихованными и не штрихованными координатами дается формулой

$$dx^1 = dx'^1 \cosh\psi + c_d' dt' \sinh\psi \quad c_d dt = dx'^1 \sinh\psi + c_d' dt' \cosh\psi \, .$$

$$dx^2 = dx'^2, dx^3 = dx'^3.$$

Рассмотри движение при условии $dx'^1 = 0$, имеем

$$dx^1 = c_d' dt' \sinh\psi \quad c_d dt = c_d' dt' \cosh\psi \, .$$

Делим эти два уравнения, имеем

$$\frac{dx^1}{dt} = \frac{V}{c_d} = \tanh\psi \, .$$

Где V, c_d скорости не штрихованной системы координат, относительно штрихованной. Тогда преобразование координат запишется в виде

$$dx^1 = \left(dx'^1 + c_d' dt' \frac{V}{c_d}\right)\gamma = (dx'^1 + dx'^0 \frac{V}{c_d})\gamma; \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c_d^2}}}$$

$$c_d dt = \left(c_d' dt' + dx'^1 \frac{V}{c_d}\right)\gamma = dx^0 = (dx'^0 + dx'^1 \frac{V}{c_d})\gamma. (1)$$

Где скорость c_d определяется для двигающейся среды, а скорость c_d' для неподвижной.

Преобразование потенциалов $A'(x,t) = \frac{A(x,t) - \frac{V'}{c_d'} A_0(x,t)}{\sqrt{1\text{-}V'^2/c_d'^2}}$; $A_0'(x,t) = \frac{A_0(x,t) - \frac{V'}{c_d'} A(x,t)}{\sqrt{1\text{-}V'^2/c_d'^2}}$. $x' = \frac{x\text{-}\frac{V'}{c_d'} \cdot x^0}{\sqrt{1\text{-}V'^2/c_d'^2}}$; $x'^0 = \frac{x^0 - \frac{V'}{c_d'} x}{\sqrt{1\text{-}V'^2/c_d'^2}}$

Используя операторы

$$\frac{\partial}{\partial x} = \left(\frac{\partial x'}{\partial x}\frac{\partial}{\partial x'} + \frac{\partial x^{0\prime}}{\partial x}\frac{\partial}{\partial x^{0\prime}}\right) = \frac{\frac{\partial}{\partial x'} \text{-} \frac{V'}{c_d'}\frac{\partial}{\partial x^{0\prime}}}{\sqrt{1\text{-}\frac{V'^2}{c_d'^2}}};$$

$$\frac{\partial x'}{\partial x} = \frac{1}{\sqrt{1\text{-}\frac{V^2}{c_d'^2}}}; \frac{\partial x'^0}{\partial x} = \text{-}\frac{1}{\sqrt{1\text{-}\frac{V^2}{c_d'^2}}}\frac{V}{c_d'}$$

$$\frac{\partial}{\partial x^0} = \left(\frac{\partial x'^0}{\partial x^0}\frac{\partial}{\partial x'^0} + \frac{\partial x'}{\partial x^0}\frac{\partial}{\partial x'}\right) = \frac{1}{\sqrt{1\text{-}\frac{V'^2}{c_d'^2}}}\left(\frac{\partial}{\partial x'^0} \text{-} \frac{V'}{c_d'}\frac{\partial}{\partial x'}\right),$$

$$\frac{\partial x'}{\partial x^0} = \text{-}\frac{1}{\sqrt{1\text{-}\frac{V'^2}{c_d'^2}}}\frac{V}{c_d'}; \frac{\partial x'^0}{\partial x^0} = \frac{1}{\sqrt{1\text{-}\frac{V'^2}{c_d'^2}}}$$

получим

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \text{-} \frac{\partial^2}{\partial (x^0)^2} = \left(\frac{\frac{\partial}{\partial x'}\text{-}\frac{V'}{c_d'}\frac{\partial}{\partial x^{0\prime}}}{\sqrt{1\text{-}\frac{V^2}{c_d'^2}}}\right)^2 \text{-} \left[\frac{1}{\sqrt{1\text{-}\frac{V'^2}{c_d'^2}}}\left(\frac{\partial}{\partial x^{0\prime}} \text{-} \frac{V'}{c_d'}\frac{\partial}{\partial x'}\right)\right]^2 = \frac{\left(1\text{-}\frac{V'^2}{c_d'^2}\right)\partial^2}{\left(1\text{-}\frac{V'^2}{c_d'^2}\right)\partial x'^2} \text{-} \frac{\left(1\text{-}\frac{V'^2}{c_d'^2}\right)\partial^2}{\left(1\text{-}\frac{V'^2}{c_d'^2}\right)\partial (x'^0)^2} =$$

$$\frac{\partial^2}{\partial x'^2} \text{-} \frac{\partial^2}{\partial (x'^0)^2} = \frac{\partial^2}{\partial x^2} \text{-} \frac{\partial^2}{c_d^2 \partial t^2}$$

Волновое уравнение инвариантно относительно преобразования Лоренца с фазовой скоростью. В частности, волновой уравнение с переменной фазовой скоростью звука тоже инвариантно относительно преобразования Лоренца с переменной фазовой скоростью звука. Но преобразование Лоренца со скоростью звука относится к присоединенной массе или к среде, а не к телу в среде. В случае использования в преобразовании Лоренца скорость света в вакууме не получим инвариантность волнового уравнения с диэлектрическим телом макро-размера. Для точечного тела получим инвариантность волнового уравнения со скоростью света в вакууме, так как для точечного тела фазовая скорость совпадает со скоростью света в вакууме. Причем макротела не являются точечными, фазовая скорость вблизи двигающегося макротела переменная и не совпадает со скоростью света в вакууме.

Проверим волновое уравнение с помощью преобразования Лоренца со скоростью света в вакууме

$$\frac{\partial}{\partial x} = \left(\frac{\partial x'}{\partial x}\frac{\partial}{\partial x'} + \frac{\partial x^{0\prime}}{\partial x}\frac{\partial}{\partial x^{0\prime}}\right) = \frac{\frac{\partial}{\partial x'} - \frac{V}{c}\frac{\partial}{\partial x^{0\prime}}}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}};$$

$$\frac{\partial x'}{\partial x} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}; \frac{\partial x'^0}{\partial x} = -\frac{1}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}\frac{V}{c'_d}$$

$$\frac{\partial}{\partial x^0} = \left(\frac{\partial x'^0}{\partial x^0}\frac{\partial}{\partial x'^0} + \frac{\partial x'}{\partial x^0}\frac{\partial}{\partial x'}\right) = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}\left(\frac{\partial}{\partial x'^0} - \frac{V}{c}\frac{\partial}{\partial x'}\right),$$

$$\frac{\partial x'}{\partial x^0} = -\frac{1}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}\frac{V}{c}; \frac{\partial x'^0}{\partial x^0} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}$$

получим

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2}-\frac{\partial^2}{\partial (x^0)^2}=\frac{\partial^2}{\partial x^2}-\frac{\partial^2}{c^2\partial t^2}=(\frac{\frac{\partial}{\partial x'}-\frac{V}{\mathrm{c}}\frac{\partial}{\partial x^{0'}}}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}})^2-[\frac{1}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}\left(\frac{\partial}{\partial x^{0'}}-\frac{V}{c}\frac{\partial}{\partial x'}\right)]^2$$

$$=\frac{\left(1-\frac{V^2}{c^2}\right)\partial^2}{\left(1-\frac{V^2}{c^2}\right)\partial x'^2}-\frac{\left(1-\frac{V^2}{c^2}\right)\partial^2}{\left(1-\frac{V^2}{c^2}\right)\partial (x'^0)^2}=\frac{\partial^2}{\partial x'^2}-\frac{\partial^2}{c^2\partial t'^2}$$

При этом должно выполняться

$$dx'=\frac{dx-V\cdot\frac{dx^0}{\mathrm{c}}}{\sqrt{1-\frac{V^2}{\mathrm{c}^2}}}=\frac{dx-V\cdot\frac{cdt}{\mathrm{c}}}{\sqrt{1-\frac{V^2}{\mathrm{c}^2}}},$$

$$dx'^0=cdt'=\frac{dx^0-\frac{V}{\mathrm{c}}dx}{\sqrt{1-V^2/\mathrm{c}^2}}=\frac{cdt-\frac{V}{\mathrm{c}}dx}{\sqrt{1-V^2/\mathrm{c}^2}}$$

При преобразовании Лоренца со скоростью света в вакууме должно выполняться

$$dx^0=\mathrm{c}dt; dx^{0'}=\mathrm{c}dt';$$

Но волновое уравнение требует выполнения

$$dx^0=\mathrm{c}_d dt; dx^{0'}=c'_d dt';$$

Если использовать преобразование Лоренца в диэлектрике со скоростью света в вакууме, то волновое уравнение не удовлетворяется, временная компонента должна быть с фазовой скоростью. Если записать с фазовой скоростью, то волновое уравнение удовлетворяется.

Но никто не отрицает важность скорости света в вакууме, как великой константы, от которой зависит постоянная тонкой структуры. Изменение этой постоянной согласно антропному принципу, привело бы к невозможности существования жизни с этим изменением. Это говорит о важности вакуума для процессов развития организмов. И хотя вакуум – это агрессивная среда, в которой без скафандра невозможна жизнь, и в диэлектрике скорость света в вакууме заменяется на фазовую скорость, важность скорости света в вакууме, велика.

Сечение реакции сталкивающихся частиц зависит от их размеров и относительной скорости. Сокращение размеров не сводится к собственной системе координат, так как имеются две взаимодействующие частицы и их невозможно обеих сделать неподвижными. Вступает в силу сокращение собственных размеров в соответствии с существующим преобразованием Лоренца. Обратимся к примеру. Сечение рассеяния электрона на электроне определяется по формуле

$$d\sigma = r_e^2 \frac{m^2c^4}{\varepsilon^2} f(\varepsilon, p, \theta) d\Omega = r_e^2 (1\text{-}\frac{U^2}{c^2}) f(\varepsilon, p, \theta) d\Omega$$

В данной формуле используется изменение штрихованного размера элементарной частицы согласно идеологии, разработанной в [1]. Я считаю эту идеологию не верной. Т.е. в случае относительной скорости двух частиц неизменен радиус не штрихованный $r_e' = r_e\sqrt{1\text{-}\frac{U^2}{c^2}}$, а штрихованный радиус сокращается. Этот результат получается из-за невозможности одновременно координаты двух частиц пересчитывать в штрихованную систему координат, причем эти две частицы взаимодействуют и составляют единое целое. Формула сокращения штрихованного размера с изменением относительной скорости проверена экспериментально и кроме того, сомневаться в ее выводе нет оснований.

Надо записывать уравнение Лоренца для центра инерции системы, который находится в инерциальной системе координат. Надо использовать преобразование Лоренца для импульса и энергии в системе центра инерции.

Тогда для координат центра инерции имеем преобразование Лоренца.

$$\Delta x = \frac{\Delta x' + U\Delta t'}{\sqrt{1\text{-}\frac{U^2}{c^2}}}; \Delta t = \frac{\Delta t' + \frac{U\Delta x'}{c^2}}{\sqrt{1\text{-}\frac{U^2}{c^2}}}$$

Процесс измерения не штрихованной двигающейся системы координат происходит при ускоренном относительном движении двух сталкивающихся элементарных частиц $\Delta t = \Delta V/a \to 0$ и значит при малом приращении времени t, откуда имеем

$$\Delta t' = \text{-}\frac{U\Delta x'}{c^2}$$

Значит имеем $\Delta x = \Delta x' \frac{1\text{-}\frac{U^2}{c^2}}{\sqrt{1\text{-}\frac{U^2}{c^2}}} = \Delta x' \sqrt{1\text{-}\frac{U^2}{c^2}}$. Получается, что расстояние в

двигающейся системе координат центра инерции двух тел сокращается по отношению к неподвижной системе координат, что противоречит моим формулам и совпадает с формулами предложенными в [1].

В случае движения с постоянной скоростью приращение времени в не штрихованной системе велико $\Delta t = \lim_{a \to 0} \Delta V/a \to \infty$ и момент малого приращения времени отсутствует. В случае массивной частицы, двигающегося с постоянной скоростью, она является средней скоростью частиц тела, среднее ускорение стремится к нулю и приращение времени велико, и эффект уменьшения расстояния относительно неподвижной системы отсчета отсутствует.

Получается следующая формула для изменения координат системы

$$\Delta x = \Delta x' \frac{\exp\left(\text{-}\frac{a_0}{a}\right)\sqrt{1\text{-}\frac{U^2}{c^2}} + \frac{\exp\left(\text{-}\frac{a}{a_0}\right)}{\sqrt{1\text{-}\frac{U^2}{c^2}}}}{\exp\left(\text{-}\frac{a_0}{a}\right) + \exp\left(\text{-}\frac{a}{a_0}\right)}$$

$$a_0 = \int_{\text{-}T}^{T} a(u)du/2T\,; a(\pm T) = \varepsilon a_0; 0 < \varepsilon \ll 1$$

Где величина T конечное время взаимодействия, до момента времени почти нулевого ускорения. При ускоренном относительном движении приращение не штрихованной координаты мало и имеем $\Delta x = U\Delta V/a \to 0$. И приращение штрихованной координаты определяется по формуле $\Delta x' = \text{-}U\Delta t'$

$$\Delta t = \Delta t' \frac{1\text{-}\frac{U^2}{c^2}}{\sqrt{1\text{-}\frac{U^2}{c^2}}} = \Delta t' \sqrt{1\text{-}\frac{U^2}{c^2}}$$

Получается, что время в двигающейся системе координат центра инерции двух тел уменьшается по отношению к неподвижной собственной системе координат. Это соответствует идеям [1], и не совпадает с моими идеями. Но это эффект ускорения, внутри движения с постоянной скоростью центра инерции. Эта неоднородность и приводит к аномальному уменьшению времени относительно неподвижного объекта. Имеем следующую формулу для приращения времени в случае движения центра инерции со скоростью U

$$\Delta t = \Delta t' \frac{\exp\left(-\frac{a_0}{a}\right)\sqrt{1-\frac{U^2}{c^2}} + \frac{\exp\left(-\frac{a}{a_0}\right)}{\sqrt{1-\frac{U^2}{c^2}}}}{\exp\left(-\frac{a_0}{a}\right) + \exp\left(-\frac{a}{a_0}\right)}$$

Но проблемы на этом не кончаются. Фазовая скорость величина переменная (опыт Физо), и надо писать преобразование Лоренца с переменной фазовой скоростью. Причем пересчитывать показания, измеренные с конечной скоростью возмущения в собственную систему отсчета, где тело, часы и локатор неподвижные. Но я описал преобразование Галилея с четырехмерной скоростью. Я открыл замену трехмерной скорости на четырехмерную скорость в инвариантном преобразовании координат. Причем преобразование глобальных координат можно реализовать с переменной скоростью. Причем получится, что измерение с четырехмерной скоростью в разных системах отсчета одинаковые. Это связано с тем, что четырехмерная скорость может иметь значение скорости, равное бесконечности. И если с конечной скоростью возмущения, надо пересчитывать скорость в собственную систему отсчета с помощью преобразования Лоренца, где тело, часы и локатор неподвижные, то с четырехмерной скоростью измерения координаты и времени в разных системах отсчета одинаковые.

Запишем преобразование координат относительно двигающейся с произвольной четырехмерной скоростью системы отсчета

$$R'_k(p) - \int_0^p u_k(p)dp = R_k(s) - \int_0^s u_k(s)ds = r_k(0)\,;$$

$$k = 0, \dots, 3$$

Имеем преобразование координат (аргументом у четырехмерной скорости служит переменные s и p). Считаем интервал одинаковым в разных системах отсчета.

$$R'_k(s)\text{-}\int_{s_1}^{s} u_k(s)ds = R_k(s)\text{-}\int_{s_1}^{s} u_k(s)ds = r_k(0)\,;$$

$$R'_k(s_1) = R_k(s_1) = r_k(0);$$

Тогда имеем инвариантность разности координат и времени относительно этого преобразования

$$R'_k(s)\text{-}R'_{k1}(s_1)\text{-}\int_{s_1}^{s} u_k(s)ds = R_k(s)\text{-}R_{k1}(s_1)\text{-}\int_{s_1}^{s} u_k(s)ds = 0;$$

$k = 0, \dots, 3$ (2)

$$R'_k(s)\text{-}R'_{k1}(s_1) = \int_{s_1}^{s} u_k(s)ds = R_k(s)\text{-}R_{k1}(s_1) = \int_{s_1}^{s} u_k(s)ds$$

Получается, что разность координат и времени является одинаковой в разных системах отсчета. Причем уравнение ОТО инвариантно относительно этого преобразования произвольно двигающихся систем координат, важно только что их скорость зависит от интервала, а координата R_k это текущая координата наблюдения за полем. Причем в произвольной системе координат смещение $r_k(0)$ имеет одно выбранное значение.

Используя формулу (2), получим одинаковые значения метрического тензора в разных не инерциальных системах координат. Значит решение уравнения ОТО одинаковое в системах координат, связанных (2).

На самом деле преобразование координат описывается следующим образом (аргументом у штрихованной четырехмерной скорости служит p, а у не штрихованной системы координат равен s)

$$R'^k(p)\text{-}\int_0^p u^k(p)dp = R^k(s)\text{-}\int_0^s u^k(s)ds = r^k(0); k = 0, \dots, 3$$

$$dR'^k(p)(p)\text{-}u^k(p)dp = dR^k(s)(s)\text{-}u^k(s)ds = 0$$

$$ds = \sqrt{g_{ik}(s)dx^i(s)dx^k(s)} = dy^0(s)\sqrt{\lambda_0(s)\text{-}\sum_{k=1}^{3}\lambda_k(s)dU^{k2}(s)}\,;$$

$$dp = \sqrt{g_{ik}(p)dx^i(p)dx^k(p)} = dy^0(p)\sqrt{\lambda_0(p)\text{-}\sum_{k=1}^{3}\lambda_k(p)dU^{k2}(p)}$$

Из преобразований Галилея можно получить связь между трехмерными и четырехмерными скоростями.

$$\frac{dx^k(p)}{cdt\sqrt{g_{00}(p) + 2\frac{g_{i0}(p)(p)V^i(p)}{c} + \frac{g_{ik}(p)V^i(p)V^k(p)}{c^2}}}\text{-}u^k(p) =$$

$$= \frac{dx^k(s)}{cdt\sqrt{g_{00}(s) + 2\frac{g_{i0}(s)(s)V^i(s)}{c} + \frac{g_{ik}(s)V^i(s)V^k(s)}{c^2}}}\text{-}u^k(s) = 0$$

$$\frac{\frac{V^k(p)}{c}}{\sqrt{g_{00}(p) + 2\frac{g_{i0}(p)(p)V^i(p)}{c} + \frac{g_{ik}(p)V^i(p)V^k(p)}{c^2}}}\text{-}u^k(p) =$$

$$= \frac{\frac{V^k(s)}{c}}{\sqrt{g_{00}(s) + 2\frac{g_{i0}(s)(s)V^i(s)}{c} + \frac{g_{ik}(s)V^i(s)V^k(s)}{c^2}}}\text{-}u^k(s) = 0$$

$$\frac{cdt(p)}{cdt(p)\sqrt{g_{00}(p) + 2\frac{g_{i0}(p)(p)V^i(p)}{c} + \frac{g_{ik}(p)V^i(p)V^k(p)}{c^2}}}\text{-}u^0(p) =$$

$$= \frac{cdt(s)}{cdt(s)\sqrt{g_{00}(s) + 2\frac{g_{i0}(s)(s)V^i(s)}{c} + \frac{g_{ik}(s)V^i(s)V^k(s)}{c^2}}}\text{-}u^0(s) = 0;$$

$$\frac{1}{\sqrt{g_{00}(p) + 2\frac{g_{i0}(p)(p)V^i(p)}{c} + \frac{g_{ik}(p)V^i(p)V^k(p)}{c^2}}}\text{-}u^0(p)$$

$$= \frac{1}{\sqrt{g_{00}(s) + 2\frac{g_{i0}(s)(s)V^i(s)}{c} + \frac{g_{ik}(s)V^i(s)V^k(s)}{c^2}}}\text{-}u^0(s) = 0;$$

Следствием преобразований Галилея с четырехмерными скоростями является правильное определение четырехмерных скоростей.

Следовательно, имеем формулы

$$R'^{k}(p)\text{-}\int_0^p u^k(p)dp = R^k(s)\text{-}\int_0^s u^k(s)ds = r^k(0); k = 0, \dots, 3$$

$$u^0(s) = \frac{1}{\sqrt{g_{00}(s) + 2\frac{g_{i0}(s)(s)V^i(s)}{c} + \frac{g_{ik}(s)V^i(s)V^k(s)}{c^2}}} =$$

$$= \frac{dy^0(p)}{dy^0(p)\sqrt{[\lambda_0(s)\text{-}\sum_{k=1}^3 \lambda_k(s)dU^{k2}(s)/c^2}} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{\lambda_0(s)\text{-}\sum_{k=1}^3 \lambda_k(s)U^{k2}(s)/c^2}}$$

$$u^k(s) = \frac{\frac{V^k(s)}{c}}{\sqrt{g_{00}(s) + 2\frac{g_{i0}(s)(s)V^i(s)}{c} + \frac{g_{ik}(s)V^i(s)V^k(s)}{c^2}}} =$$

$$= \frac{dx^k(s)}{dy^0(s)\sqrt{\lambda_0(s)\text{-}\sum_{k=1}^3 \lambda_k(s)U^{k2}(s)/c^2}} =$$

$$= \frac{\frac{U^k(s)}{c}}{\sqrt{\lambda_0(s)\text{-}\sum_{k=1}^3 \lambda_k(s)U^{k2}(s)/c^2}}$$

$$u^0(p) = \frac{1}{\sqrt{g_{00}(p) + 2\frac{g_{i0}(p)(p)V^i(p)}{c} + \frac{g_{ik}(p)V^i(p)V^k(p)}{c^2}}}$$

$$= \frac{dy^0(p)}{dy^0(p)\sqrt{\lambda_0(p)\text{-}\frac{\sum_{k=1}^3 \lambda_k(p)U^{k2}(p)}{c^2}}} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{\lambda_0(p)\text{-}\sum_{k=1}^3 \lambda_k(p)U^{k2}(p)/c^2}}$$

$$u^k(p) = \frac{\frac{V^k(p)}{c}}{\sqrt{g_{00}(p) + 2\frac{g_{i0}(p)(p)V^i(p)}{c} + \frac{g_{ik}(p)V^i(p)V^k(p)}{c^2}}}$$

$$= \frac{dx^k(p)}{dy^0(p)\sqrt{\lambda_0(p) - \frac{\sum_{k=1}^{3}\lambda_k(p)U^{k2}(p)}{c^2}}} =$$

$$= \frac{\frac{U^k(p)}{c}}{\sqrt{\lambda_0(p) - \sum_{k=1}^{3}\lambda_k(p)U^{k2}(p)/c^2}}$$

Выводы

Преобразования Лоренца в общем случае порочные, они справедливы со скоростью света в вакууме только для точечных тел. Рассмотрение диэлектрических макротел как точечные незаконное, фазовая скорость макротел существенно отличается от скорости света в вакууме и волновое уравнение для макротел не инвариантно со скоростью света в вакууме. Элементарные частицы они описывают, так как фазовая скорость элементарных частиц равна скорости света в вакууме. Диэлектрическое тело должно содержать в преобразовании Лоренца фазовую скорость, разную в разных системах координат. Тогда волновое уравнение для диэлектрического тела будет инвариантно относительно преобразования Лоренца.

В случае диэлектрического тела, преобразования Лоренца надо использовать с одинаковой четырехмерной скоростью, но в разные моменты интервала. Но с конечной скоростью измерения преобразования Лоренца не справедливые, их надо пересчитывать в собственную систему координат, где тело, часы и локатор неподвижные. Предложено другое преобразование координат, на основе преобразования Галилея, но с четырехмерной скоростью, которая может стремиться к бесконечности. Оно справедливо для любого тела, описываемого по крайней мере двумя точками. Если точечное тело описывается одной точкой с постоянной трехмерной скоростью в инерциальной системе координат, то для нее справедливо преобразование Лоренца с учетом того, что в собственной системе отсчета, где тело, часы и локатор неподвижные, скорость тела минимальная. Это определение собственной системы отсчета отличается от общепризнанного, минимальной скоростью тела. Общепризнано, считается, что тело в двигающейся системе отсчета имеет минимальную скорость, что противоречит формуле (1). Если имеем сближающиеся ускоренные частицы, то для их сечений рассеяния правильно существующее преобразование Лоренца.

Список литературы

1. Ландау Л.Д. Теория поля / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – Т. 2. – М.: Наука, 1973. – 564 с.