

Противоречивость преобразований Лоренца

со скоростью света в вакууме

Якубовский Е.Г.

e-mail yakubovski@rambler.ru

Если опыт Майкельсона-Морли производить в диэлектрике, то получим запаздывание сигнала в двух перпендикулярных направлениях. Считаем, что световая волна распространяется с фазовой скоростью света, при формулах сложения скорости, со скоростью света в вакууме. Отсутствие этого запаздывания доказывает, что формулы Лоренца в диэлектриках надо писать не с скоростью света в вакууме, а с фазовой скоростью. Наличие этого запаздывания, которое доказано автором статьи в случае использования скорости света в вакууме для описания диэлектриков, говорит о возможности определения абсолютной скорости системы отсчета. Так как определение абсолютной скорости невозможно, значит запаздывания в диэлектриках нет и формулу преобразования Лоренца нужно использовать с фазовой скоростью света, разной в разных системах отсчета.

1. Опыт Майкельсона-Морли

Покажем, что использование известных существующих формул сложения скоростей, в воздухе, который является бесконечной однородной диэлектрической средой в масштабе атмосферы Земли, приводит к запаздыванию волн в двух направлениях в опыте Майкельсона-Морли. Формулы преобразования из движущейся штрихованной системы координат в неподвижную систему координат, следующие, при относительной скорости движения системы координат V

$$V_x = \frac{V'_x + V}{1 + V'_x V / c^2}, V_y = \frac{V'_y \sqrt{1 - V^2 / c^2}}{1 + V'_x V / c^2}, V_z = \frac{V'_z \sqrt{1 - V^2 / c^2}}{1 + V'_x V / c^2} \quad (1.1)$$

Идея такая, подсчитать по существующим формулам сложения скоростей запаздывание параллельного и перпендикулярного луча в системе опыта Майкельсона типа крест во втором порядке в случае диэлектрической среды.

При движении системы координат вдоль пути l_1 , при начальном перпендикулярном участке движения света вдоль пути l_2 , получим времена

$$t_{\parallel} = \frac{l_2}{c_0} + \frac{l_1}{c_+} + \frac{2l_1}{c_-}, t_{\perp} = \frac{3l_2}{c_0} + \frac{l_1}{c_-}$$

где со знаком плюс обозначена скорость по направлению движения системы координат, скорость со знаком минус, это скорость луча, имеющего обратную отрицательную скорость относительно скорости системы координат, скорость со знаком 0, скорость перпендикулярная скорости системы координат.

Фазовая скорость света V'_y , перпендикулярная скорости движения системы координат, в двигающейся системе координат равна $V'_x = 0; V'_y = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}$.

В этой двигающейся системе координат скорость диэлектрика равна нулю. В неподвижной системе координат равна $V_y = \frac{c\sqrt{1-V^2/c^2}}{\sqrt{\epsilon\mu}}, V_x = V$ согласно (1.1), в

этой неподвижной системе координат скорость диэлектрика равна V . Откуда имеем $c_0 = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}} \sqrt{1 + V^2(\epsilon\mu - 1)/c^2}$, в вакууме эта величина совпадает

со скоростью света. Скорости $c_+ = \frac{c/\sqrt{\epsilon\mu} + V}{1 + V/(c\sqrt{\epsilon\mu})}; c_- = \frac{c/\sqrt{\epsilon\mu} - V}{1 - V/(c\sqrt{\epsilon\mu})}$.

Разность времен имеет значение

$$\Delta t_1 = t_{\parallel} - t_{\perp} = \frac{l_1}{c_+} + \frac{l_1}{c_-} - \frac{2l_2}{c_0}$$

Запаздывание лучей, при повороте интерферометра на 90 градусов, равно

$$\Delta t_2 = \frac{l_2}{c_+} + \frac{l_2}{c_-} - \frac{2l_1}{c_0}$$

Таким образом полное изменение разности хода лучей при повороте на 90 градусов равно сумме запаздываний Δt_1 и Δt_2 , получим

$$\begin{aligned} \Delta t_1 + \Delta t_2 &= (l_1 + l_2) \left(\frac{1}{c_+} + \frac{1}{c_-} - \frac{2}{c_0} \right) = \\ &= (l_1 + l_2) \left\{ \frac{1 + V/(c\sqrt{\varepsilon\mu})}{c/\sqrt{\varepsilon\mu} + V} + \frac{1 - V/(c\sqrt{\varepsilon\mu})}{c/\sqrt{\varepsilon\mu} - V} - \frac{2\sqrt{\varepsilon\mu}}{c} \left[1 - \frac{V^2}{2c^2}(\varepsilon\mu - 1) \right] \right\} = \\ &= \frac{(l_1 + l_2)\sqrt{\varepsilon\mu}}{c} \left\{ [1 + V/(c\sqrt{\varepsilon\mu})](1 - V\sqrt{\varepsilon\mu}/c + V^2\varepsilon\mu/c^2 + \dots) + \right. \\ &\quad \left. + [1 - V/(c\sqrt{\varepsilon\mu})](1 + V\sqrt{\varepsilon\mu}/c + V^2\varepsilon\mu/c^2 + \dots) - 2 \left[1 - \frac{V^2}{2c^2}(\varepsilon\mu - 1) \right] \right\} = \\ &= \frac{(l_1 + l_2)\sqrt{\varepsilon\mu}}{c} \frac{3V^2}{c^2} (\varepsilon\mu - 1) \end{aligned}$$

т.е. получаем, что в опыте Майкельсона-Морли в воздухе должно быть запаздывание, которого в вакууме нет. Это запаздывание в воздухе, являющимся диэлектриком с величиной $\varepsilon\mu = 1.00057$, является величиной третьего порядка малости и его очень сложно обнаружить. Оно соответствует относительной ошибке $1.8 \cdot 10^{-11}$ и соответствует ошибке определения скорости света 0.24 cm/sec при точности метода Майкельсона-Морли 10^3 cm/sec . В 2002 году был произведен эксперимент по измерению скорости света в двух перпендикулярных направлениях в резонаторах см. [1]. Ошибка измерения запаздывания в резонаторе в двух перпендикулярных направлениях составила $1.7 \cdot 10^{-15}$, что позволило бы определить относительную ошибку $1.8 \cdot 10^{-11}$, связанную с движением сигнала в диэлектрике, воздухе.

Что же доказывает существование запаздывания электромагнитной волны в опыте Майкельсона-Морли в разных системах координат в бесконечных однородных диэлектрических средах? Надо проверить, содержит ли преобразование Лоренца мировую константу, случайно совпавшую со

скоростью света в вакууме. Для этого надо произвести эксперимент в резонаторах в вакууме и в воздухе. Если преобразование Лоренца справедливо с мировой константой, то в воздухе появится запаздывание, а в вакууме запаздывания не будет. По мере откачки воздуха эксперимент должен уменьшать запаздывание. Но наличие запаздывания в диэлектрической среде позволило бы определить абсолютную скорость Земли. Зная величину запаздывания, размер резонатора, диэлектрическую проницаемость воздуха можно определить абсолютную скорость Земли. Но экспериментального запаздывания не должно существовать.

Экспериментальные данные, проведенные в [1], подтверждают, что в каждой инерциальной системе координат, электромагнитная волна движется со своей фазовой скоростью, и запаздывания в разных системах координат нет. По существующим формулам сложения скоростей для диэлектрической среды такое запаздывание есть. Значит, существующие формулы надо видоизменить. Надо записывать преобразование Лоренца с фазовой скоростью вместо скорости света в вакууме

$$dx^1 = \frac{dx'^1 + c'_d dt' \frac{V}{c_d}}{\sqrt{1 - V^2/c_d^2}} = \frac{dx''^1 + c''_d dt'' \frac{V}{c_d}}{\sqrt{1 - V^2/c_d^2}}, c_d dt = \frac{c'_d dt' + \frac{V}{c_d} dx'^1}{\sqrt{1 - V^2/c_d^2}} = \frac{c''_d dt'' + \frac{V}{c_d} dx''^1}{\sqrt{1 - V^2/c_d^2}},$$

$$dy'' = dy' = dy; dz'' = dz' = dz$$

Но фазовая скорость - это не вектор, вектор образует волновое число, равное $k_l = \frac{\omega}{c_l}$ и складывать по формулам сложения скоростей можно только групповую скорость. Для получения фазовой скорости света выведем формулы сложения фазовых скоростей. Фазовая скорость в неподвижной системе координат равна $\frac{1}{c_0^2} = \sum_{l=1}^3 \frac{1}{c_l^2}$

2. Правильные формулы сложения фазовых скоростей.

Найдем величину фазовой скорости в изотропном диэлектрике, для чего запишем стандартное преобразование Лоренца для изотропного диэлектрика см. [2] (имеются разные проекции волнового числа, или обратной величины компоненты фазовой скорости)

$$\begin{aligned} \omega &= (\omega' + k_1'V)\gamma; \gamma = 1/\sqrt{1 - V^2/c^2} \\ k_1 &= (k_1' + \omega'V/c^2)\gamma; k_2 = k_2'; k_3 = k_3'. \end{aligned} \quad (2.1)$$

Вычислим фазовую скорость в не штрихованной системе координат

$$\frac{k^2}{\omega^2} = \frac{k_1^2 + k_2^2 + k_3^2}{\omega^2} = \frac{(k_1' + \omega'V/c^2)^2}{(\omega' + k_1'V)^2} + \frac{k_2'^2}{(\omega' + k_1'V)^2 \gamma^2} + \frac{k_3'^2}{(\omega' + k_1'V)^2 \gamma^2}$$

Перепишем эту формулу в виде

$$\frac{1}{c_F^2} = \frac{(1/c_1' + V/c^2)^2}{(1 + V/c_1')^2} + \frac{1/c_2'^2}{(1 + V/c_1')^2 \gamma^2} + \frac{1/c_3'^2}{(1 + V/c_1')^2 \gamma^2} = \frac{1}{c_1^2} + \frac{1}{c_2^2} + \frac{1}{c_3^2}. \quad (2.1)$$

Получаем релятивистские формулы сложения фазовой скорости

$$\begin{aligned} c_1 &= \frac{c_1' + V}{1 + Vc_1'/c^2}; c_2 = c_2'(1 + V/c_1')\gamma \\ c_3 &= c_3'(1 + V/c_1')\gamma \end{aligned} \quad (2.2)$$

Эти формулы не совпадают с формулами сложения релятивистских фазовых скоростей, которые выглядят следующим образом

$$c_1 = \frac{c_1' + V}{1 + Vc_1'/c^2}; c_2 = \frac{c_2'}{(1 + Vc_1'/c^2)\gamma}; c_3 = \frac{c_3'}{(1 + Vc_1'/c^2)\gamma}. \quad (2.3)$$

Эти формулы (2.3) сложения скоростей не правильные, правильны формулы (2.2). Вычисление запаздывания по формулам (2.3) не правильное. Тогда для перпендикулярной скорости электромагнитной волны имеем

$$\begin{aligned} \frac{1}{c_0^2} &= \frac{(1/c_1' \pm V/c^2)^2}{(1 \pm V/c_1')^2} + \frac{1/c_2'^2}{(1 \pm V/c_1')^2 \gamma^2} = (V/c^2)^2 + \frac{\varepsilon\mu}{c^2 \gamma^2} = \frac{\varepsilon\mu}{c^2} + \frac{V^2}{c^4} (1 - \varepsilon\mu) = \\ &= \frac{\varepsilon\mu}{c^2} \left[1 + \frac{V^2}{c^2} \left(\frac{1}{\varepsilon\mu} - 1 \right) \right]; \frac{1}{c_0} = \frac{\sqrt{\varepsilon\mu}}{c} \left[1 + \frac{V^2}{2c^2} \left(\frac{1}{\varepsilon\mu} - 1 \right) \right]; \frac{1}{c_1} = 0, \frac{1}{c_2} = \frac{\sqrt{\varepsilon\mu}}{c} \end{aligned}$$

Параллельные направлению скорости обратные величины фазовой скорости равны

$$\frac{1}{c_+} = \frac{\sqrt{\varepsilon\mu}/c + V/c^2}{1 + V\sqrt{\varepsilon\mu}/c} = \sqrt{\varepsilon\mu}/c [1 + V/(c\sqrt{\varepsilon\mu})] (1 - V\sqrt{\varepsilon\mu}/c + V^2\varepsilon\mu/c^2)$$

$$\frac{1}{c_-} = \frac{\sqrt{\varepsilon\mu}/c - V/c^2}{1 - V\sqrt{\varepsilon\mu}/c} = \sqrt{\varepsilon\mu}/c [1 - V/(c\sqrt{\varepsilon\mu})] (1 + V\sqrt{\varepsilon\mu}/c + V^2\varepsilon\mu/c^2)$$

$$\frac{1}{c_+} + \frac{1}{c_-} = \frac{\sqrt{\varepsilon\mu}}{c} \left[2 + \frac{2V^2}{c^2} (\varepsilon\mu - 1) \right]$$

Тогда складывая запаздывания, получим

$$\Delta t_1 + \Delta t_2 = (l_1 + l_2) \left(\frac{1}{c_+} + \frac{1}{c_-} - \frac{2}{c_0} \right) = \frac{(l_1 + l_2)\sqrt{\varepsilon\mu}}{c} \frac{2V^2}{c^2} (\varepsilon\mu + \frac{1}{\varepsilon\mu} - 2) = \frac{(l_1 + l_2)\sqrt{\varepsilon\mu}}{c} \frac{2V^2}{c^2} (\varepsilon\mu - 1)^2$$

Эта величина соответствует ошибке $0.8 \cdot 10^{-14}$ при точности измерения в эксперименте [1], равной $1.7 \cdot 10^{-15}$. В диэлектрике получаем конечное запаздывание, что является противоречием СТО. В случае использования фазовой скорости света вместо скорости света в вакууме получим

$$\frac{1}{c_0^2} = \frac{(1/c'_1 \pm V\varepsilon\mu/c^2)^2}{(1 \pm V/c'_1)^2} + \frac{1/c_2'^2}{(1 \pm V/c'_1)^2 \gamma^2} = (V\varepsilon\mu/c^2)^2 + \frac{\varepsilon\mu}{c^2 \gamma^2} = \frac{\varepsilon\mu}{c^2} + \frac{V^2}{c^4} (\varepsilon^2 \mu^2 - \varepsilon^2 \mu^2) = \frac{\varepsilon\mu}{c^2}$$

$$\frac{1}{c'_1} = 0, \frac{1}{c'_2} = \frac{\sqrt{\varepsilon\mu}}{c}; \frac{1}{c_0} = \frac{\sqrt{\varepsilon\mu}}{c}$$

$$\frac{1}{c_+} = \frac{\sqrt{\varepsilon\mu}/c + V\varepsilon\mu/c^2}{1 + V\sqrt{\varepsilon\mu}/c} = \frac{\sqrt{\varepsilon\mu}}{c}; \frac{1}{c_-} = \frac{\sqrt{\varepsilon\mu}/c - V\varepsilon\mu/c^2}{1 - V\sqrt{\varepsilon\mu}/c} = \frac{\sqrt{\varepsilon\mu}}{c}$$

$$\Delta t_1 + \Delta t_2 = (l_1 + l_2) \left(\frac{1}{c_+} + \frac{1}{c_-} - \frac{2}{c_0} \right) = \frac{2\sqrt{\varepsilon\mu}}{c} - \frac{2\sqrt{\varepsilon\mu}}{c} = 0$$

В случае использования фазовой скорости света, вместо скорости света в вакууме, получим нулевое запаздывание.

Выводы

Использование скорости света в вакууме в преобразовании Лоренца и основанной на них формуле сложения скоростей приводит к появлению запаздывания световых лучей в перпендикулярных направлениях для движущегося диэлектрика. Либо это запаздывание можно измерить, и тогда определится абсолютная скорость системы отсчета, либо использование скорости света в вакууме в преобразовании Лоренца не допустимо, и надо использовать преобразование Лоренца с фазовой скоростью света, разной в разных системах отсчета.

Список литературы

1. *Schewe P., Riordon J., Stein B.* The Most Precise Test Yet of Special Relativity, *Physics News Update*, №590, #1,2002
2. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Электродинамика сплошных сред. М.: «Наука», т.VIII, 1992, 664с.