Interpretation of pre-relativistic transformations of coordinates and tensors

Valery Timin

Creative Commons Attribution 3.0 License

(September 10, 2019)

Russia, RME

The properties of the pre-relativistic space-time are completely determined by the properties of the propagation of the information signal, in particular-the speed of propagation of electromagnetic waves. The speed of propagation of the information signal is constant and does not depend on the state of motion of the observer and the direction of propagation. The scale of the coordinate axes in pre-relativistic coordinate transformations does not change.The Galilean space is not a model of the physical space of classical mechanics, despite the fact that the space of classical mechanics is defined in it, but Newton's laws and conservation laws are formulated through ordinary tensors in pre-relativistic space. The domain of pre-relativistic mechanics is limited by very small (precisely - infinitely small) velocities with respect to the velocity of the information signal propagation.

(Translated by Yandex Translator Яндекс-Переводчик)

Свойства дорелятивистского пространства-времени полностью определяются свойствами распространения информационного сигнала, в частности - скоростью распространения электромагнитных волн. Скорость распространения информационного сигнала постоянна и не зависит от состояния движения наблюдателя и направления распространения. Масштаб осей координат при дорелятивистских преобразованиях координат не изменяется.Галилеево пространство не является моделью физического пространства классической механики, несмотря на то, что пространство классической механики определяется в ней, но законы Ньютона и законы сохранения формулируются через обычные тензоры в дорелятивистском пространстве. Область дорелятивистской механики ограничена очень малыми (точно - бесконечно малыми) скоростями по отношению к скорости распространения информационного сигнала.

Оглавление

Сокращения:
ДРПТК - дорелятивистские преобразования координат и тензоров,
ДРМ - дорелятивистская механика,
ИС - информационный сигнал,
ГПТК - галилеевы преобразования координат и тензоров.

(Продолжение
Л1: Дорелятивистская механика,ч1
Л2: Дорелятивистская механика,ч2)

Преобразования материальных векторных параметров м.о.

В классической механике у материальных объектов, кроме пространственных тензорных параметров, имеются еще "материальные" "тензорные" параметры, которые не совсем являются "геометрическими" "галилеевыми". Насчет "массы" м.о. ничего такого нельзя сказать – она является скаляром. Импульс м.о. также не вызывает каких-либо нареканий, но у него нет партнера – элемента с индексом "0". А параметр "энергия" и вообще "энергетические" параметры не вписываются в тензорное ложе галилеева пространства. По определению, изменение кинетической энергии равно:

$$dK = mv^i dv^i. \tag{1}$$

Но у него есть интересное свойство, или закон, которому она подчиняется – закон сохранения энергии или закон перехода работы в энергию и наоборот. Из (1) можем записать следующее тождество:

$$\begin{gathered} dK = mv^i dv^i \to \\ dK - mv^i dv^i \equiv 0 \to. \\ \frac{dK}{dt}v^0 - F^i v^i = 0 \to \\ F^0 v^0 - F^i v^i = 0. \end{gathered} \tag{2}$$

Здесь $F^0 = dK/dt \to N$ – мощность силы,

F^i – сила, действующая на м.о.,

Это обстоятельство прекрасно вписывается в свойства тензоров, а именно – в свойства скаляров: скаляр, полученный из элементов тензоров допустимыми над ним тензорными операциями, обладает свойством инвариантности, а в данном случае он описывает закон сохранения энергии.Это, конечно, не доказательство, но намек на 4-мерное инвариантное скалярное произведение, где кинетическая энергия и импульс (K, p^i), а также мощность и сила (N,F^i), являются элементами соответствующего им единого 4-вектора.

Теперь рассмотрим, как преобразуются кинетическая энергия и импульс м.о. при галилеевых преобразованиях координат. В отличие от преобразований координат, которые подчиняются галилеевым преобразованиям, при преобразовании материальных параметров м.о. нельзя воспользоваться ими хотя бы потому, что при таких преобразованиях кинетическая энергия, вопреки законам галилеевых преобразований векторов, должна изменяться. Посмотрим, как изменяется кинетическая энергия м.о. при бесконечно малых галилеевых преобразованиях координат $dV^i_{(0)}$:

$$\begin{gathered} K' = K(v') = ½m(v^i - dV^i_{(0)})^2 = \\ = ½mv^2 - mv^i dV^i_{(0)} + ½m dV^{i\,2}_{(0)} \to \end{gathered} \tag{3}$$

$$\begin{cases} K' \cong K - mv^i dV^i_{(0)}, \\ p'^i = mv'^i = m\left(v^i - dV^i_{(0)}\right). \end{cases}$$

где $V^i_{(0)}$ – направляющий вектор преобразования, численно равный скорости новой с.о. Это соответствует малому преобразованию кинетической энергии K и вектора импульса mv^i (импульса – а не скорости. Скорость преобразуется в соответствии с преобразованиями векторов галилеева пространства) м.о. в КМ с точностью до бесконечно малой величины второго порядка ½$(V^i_{(0)})^2$. Кинетическую энергию K можно принять за импульс по нулевой координате в силу равенств $K = Kv^0$ и $v^0 \equiv 1$, поэтому в (3) она может присутствовать и вполне законно:

$$\begin{pmatrix} K' \\ p'^i \end{pmatrix} = m \begin{pmatrix} 1^0_0 & -dV^0_j \\ -dV^i_0 & \delta^i_j + dV^i_j \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1^0 \\ v^j \end{pmatrix}: \qquad dV^i_{(0)} = dV^0_j = dV^i_0. \tag{4}$$

где $V^i_0 \sim V^0_i$ – скорость движущейся с.о. В более общем случае к члену δ^i_j должен быть добавлен произвольный антисимметричный тензор V^i_j, соответствующий повороту пространственных элементов скорости v^i м.о., при котором энергия м.о. не изменится. Изменение энергии-импульса за бесконечно малое время будет определяться выражением

$$d\begin{pmatrix} K \\ p^i \end{pmatrix} = m dV_{(0)} = m \begin{pmatrix} dV^0_{(0)} \\ dV^i_{(0)} \end{pmatrix} \rightarrow$$
$$d\begin{pmatrix} K \\ p^i \end{pmatrix} = m \begin{pmatrix} 0 & -dV^0_j \\ -dV^i_0 & dV^i_j \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ v^j \end{pmatrix} = m \begin{pmatrix} 0 & -V^0_j \\ -V^i_0 & V^i_j \end{pmatrix} dt \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ v^j \end{pmatrix}. \tag{5.1}$$

(индексы при числах – по контексту (4)). Из (5) можно видеть, что элемент силы $V^0_0 \equiv 0$. Элементы V^0_j и V^i_0 матрицы преобразований (4) и (5) симметричны по диагонали и равны по значению:

$$\left.\begin{cases} V^0_0 = 0, \\ V^0_j = V^i_0, \\ V^i_j = -V^j_i. \end{cases}\right| : (i, j \in 1..3). \tag{5.2}$$

Векторы, изменяющиеся таким же образом, назовем "материальными".

Из (5) также видно, что и сам вектор $V_{(0)}$ тоже преобразуется подобно вектору энергия–импульс м.о. в силу пропорциональности их изменения и поэтому является материальным.

Как видно из (4, 5), преобразования векторного потенциального поля не соответствуют преобразованиям пространственных векторов галилеева пространства (1, 2). Но в КМ именно этими выражениями (1, 2) производятся преобразования координат (t, r^i), скоростей и ускорений. Таким образом:

В КМ имеется две геометрии: 4–мерная геометрия материальных (силовых) векторов (тензоров) и (3+1)–мерная геометрия пространственных и временны̀х (ПВ) векторов (тензоров). Сравнивая (5) с ДРПТК, получаем полное соответствие с ним.

Интерпретация ДРПТК для координат

Напрашиваются вопросы: что означают новые координаты t' и r' (см. Л1.14) прямого преобразования координат? Напоминаю ДРПТК определены при бесконечно малых скоростях v^0_i объектов изучения:

$$t' = t - \frac{v^0{}_i x^i}{c^2},$$
$$x' = x - v^0{}_i t^i. \tag{6.1}$$

В матричном виде ее можно записать в виде

$$\begin{pmatrix} t' \\ r'^i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t - \dfrac{v^0{}_i x^i}{c^2} \\ r^i - v^0{}_i t^i \end{pmatrix} \rightarrow$$
$$d\begin{pmatrix} t' \\ r'^i \end{pmatrix} = d\begin{pmatrix} t - \dfrac{v^0{}_i x^i}{c^2} \\ r^i - v^0{}_i t^i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -\dfrac{v^0{}_i}{c^2} \\ -v^0{}_i & dV^i_j \end{pmatrix} dt \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ v^j \end{pmatrix}. \tag{6.2}$$

С координатой *x*' вроде бы все ясно - это расстояние от некоторой точки *A* до оси *t*' движущей-ся с.о. параллельно оси *x*. Это преобразование совпадает с галилеевыми преобразованиями координат и классической, и галилеевой механик.

Но что означает новое запаздывающее значение времени *t*'? Почему новое "время" зависит от координаты *r*? Здесь запаздывание Δt равно

$$\Delta t = -\frac{v^0{}_i x^i}{c^2}. \tag{7}$$

где $v^0{}_i$ - скорость движущейся с.о.,

t и *x* - время и координата точки *A*,

c - некий скоростной параметр пространства-времени, или универсальная скорость - скорость распространения информации (ИС).

Как можно объяснить это запаздывание? Попробуем сделать это.

Геометрически изображение данного преобразования координат можно видеть на рис. 1:

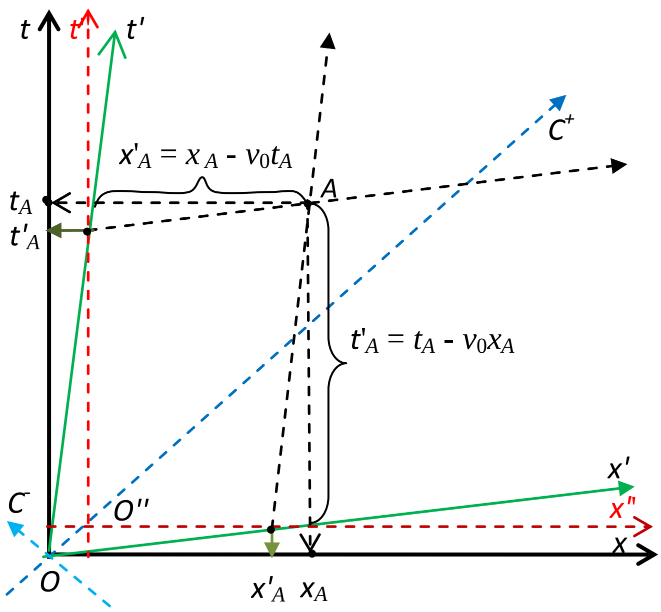

Рис. 1. Графическое изображение преобразования координат группы дорелятивистских преобразований координат (ДРПТК). Необходимо учитывать, что значение параметра преобразования v_0 здесь очень малое и отклонения новых осей координат *t*' и *x*' от старых *t* и *x* соответственно тоже очень малы. Отмечу особо: если бы мы изо-

бразили просто смещение начала новой с.к. в точку O'', то новые координатные оси были бы расположены просто параллельно старым (выделены красным цветом). При галилеевых преобразованиях с некоторой начальной скоростью v_0 новые координатные оси уже не могут располагаться параллельно старым - в нашем случае без смещения это линии Ot' и Ox'. Диагональная линия соответствует характеристической скорости c. Линии OC^+ и OC^- (выделены голубым цветом) соответствуют траектории распространения информационных сигналов (далее - ИС) с характеристической скоростью c. Масштабы на данном рис. не соблюдены достаточно условны и произвольны.

Тем более, как соотнести обратное преобразование координат (см. Л1.16) с прямым (6)? Они не эквивалентны:

$$t = \frac{t' + \frac{v^0{}_i x'^i}{c^2}}{\left(1 - \left(\frac{v^0{}_i}{c^2}\right)^2\right)}, x = \frac{x' + v^0{}_i t'^i}{\left(1 - \left(\frac{v^0{}_i}{c^2}\right)^2\right)}. \tag{8}$$

и отличаются Графически это соответствует рис.1 при взаимной заменен координат без штриха на координаты со штрихом.

Если смотреть по рис.1, то это, по аналогии с предыдущим, расстояние от той же точки A до оси x' движущейся с.о. параллельно оси t. По своей форме выражение (6) $t' = t - vx/c^2$ говорит о каком-то запаздывании начала отсчета времени в точке с координатой (t, x) новой с.о. по сравнению с покоящейся в новой с.о.

Фундаментальная скорость

Рассмотрим, как можно вообще разметить координаты.

Первый способ - с точки зрения абсолютного наблюдателя с помощью абсолютных часов и линейки. При этом способе ни длина линейки, ни скорость хода часов не зависят от их движения. Поэтому преобразования координат полностью совпадают с ГПТК. Это не соответствует РГПТК.

Второй способ не опирается на абсолютные линейку и часы. Этот способ основан на процессе распространения информационного сигнала со скоростью c из точки O в обоих направлениях. На рис. 1 этот ИС распространяется вдоль двух диагоналей координатной плоскости (выделены голубым цветом), причем в любой с.к. эти линии являются инвариантами.

Рассмотрим распространение информационного сигнала по рис. 2. Этот рисунок во многом повторяет рис. 1, но уже содержит две полуплоскости, чтобы было видно траекторию распространения ИС в обоих направлениях - и вперед, и назад.

В исходной не штрихованной с.к. O: траекторией ИС являются линии OC^+ и OC^-. Расстояние между ними в момент времени t_A определяется линией O^-O^+ - параллельно оси x, причем отрезки слева и справа от оси t равны: $O^-A = AO^+$: скорости распространения ИС в обоих направлениях равны.

Если бы мы находились в галилеевой с.к., то траектория того же ИС не изменилась бы и определялась бы теми же самыми линиями OC^+ и OC^-. Расстояние между ними в момент времени t_A определялась бы той же линией O^-O^+ - параллельно оси x. **В штрихованной системе** ось $\boldsymbol{t}'$ изменяет свое положение (см. рис. 2) и она уже не параллельна оси t. Но координатная линия x' и линия O^-O^+ останутся на месте. А отрезки O^-A' и $A'O^+$ слева и справа от оси t' уже не равны: $O^-A' > A'O^+$. Но это вполне законно в галилеевом пространстве: скорости распространения ИС в обоих направлениях определяются по правилам сложения скоростей в этом галилеевом пространстве со скоростью распространения сигнала. Это говорит о том, что в галилеевом пространстве нет какой-то специальной характеристической скорости.

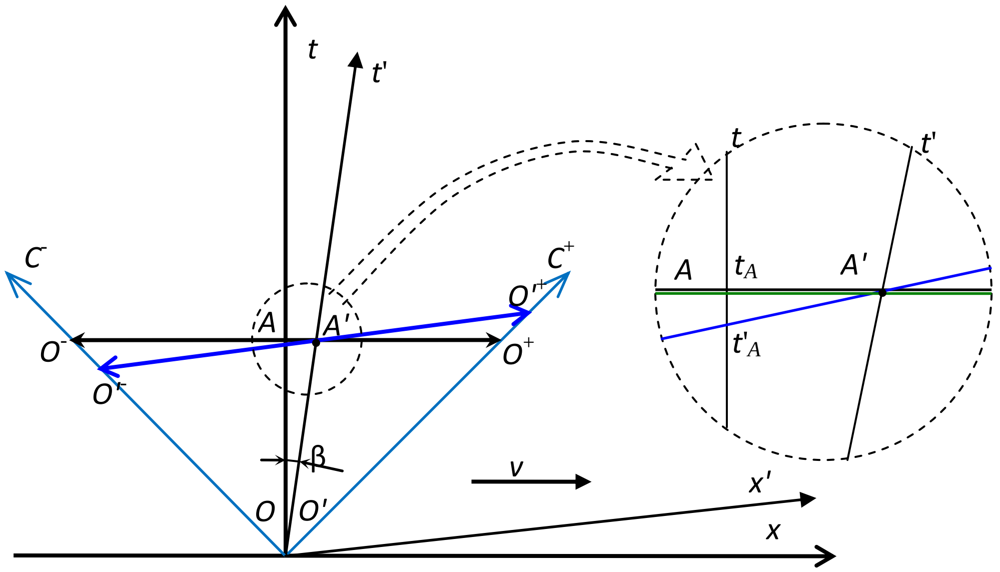

Рис. 2. Схема определения информационного сигнала в РГМ (масштабы не соблюдены).

Здесь t и t' - временные оси покоящейся и движущейся с.о.,
x и x' - пространственные оси покоящейся и движущейся с.о.,
O' - начало координат движущейся с.о.,
O^-OO^+ - фронт движущихся ИС,
$\beta = v/c$ - скорость движущейся с.о.

В дорелятивистском пространстве траектория тех же ИС также не изменится и определяется теми же самыми линиями OC^+ и OC^-. В **не штрихованной системе** по сравнению с предыдущим случаем также ничего не изменится.

В **штрихованной системе** ось t', как и прежде, изменяет свое положение (см. рис. 2) и она также не параллельна оси t. И отрезки O^-A' и $A'O^+$ слева и справа от оси A' также не равны: $O^-A' > A'O^+$. Это вполне законно в галилеевом пространстве, но в дорелятивистском пространстве ось x' изменяет свое направление, и фронт распространения информации будет находиться на этой же линии O'^-A' и $A'O'^+$, причем так, что эти отрезки оказываются одинаковой длины: $O'^-A' = A'O'^+$. Это говорит о том, что в дорелятивистском пространстве существует специальная характеристическая скорость c, которая имеет фундаментальное значение. В результате для движущейся с.о. линия, соединяющая два сигнала, распространяющихся в разные стороны от точки A', также изменится и будет располагаться параллельно оси x'. Можно доказать, что для очень малых скоростей $v \to 0$ отрезки слева и справа от точки A' равны: $O'^-A' = A'O'^+$. А отсюда вывод: в штрихованной с.о. скорость распространения ИС не зависит от состояния ее движения или покоя. Для пространственной волны это доказывается в Уравнение распространения волны. Если ИС распространяется со скоростью света, то это верно для ИС.

Выводы

Поэтому приходим к следующим выводам относительно ИС:

1. Свойства дорелятивистского пространства-времени полностью определяются свойствами распространения ИС, в частности - скоростью распространения электромагнитных волн.
2. Скорость распространения ИС постоянна и не зависит от состояния движения наблюдателя и направления распространения.
3. Масштаб осей координат при РГПТК не изменяется.
4. Она может быть основой для эталона скорости, а через нее - эталонов длины и времени, если один из них уже эталонирован. Эталон массы через длину и время, а также скорость

ИС, не эталонируется.

5. Нет никаких способов измерить собственную скорость движения ИС относительно среды распространения типа "эфира" (или пространства) в дорелятивистском пространстве как модели физического пространства классической механики.
6. Галилеево пространство не является моделью физического пространства классической механики, несмотря на то, что пространство классической механики определяется в ней, но законы Ньютона и законы сохранения формулируются через обычные тензоры в дорелятивистском пространстве.
7. Область ДРМ ограничена очень малыми (точно - бесконечно малыми) скоростями по отношению к скорости распространения информационного сигнала. Область применения галилеева пространства ограничена еще более малыми скоростями, а галилеева механика в галиеевом пространстве не имеет места ни при какой скорости.

Эти принципы будут отправными положениями для дальнейшего.

Литература

1. Акивис М.А., Гольдберг В.В. Тензорное исчисление. – М.: Наука, 1972. – 351 с.
2. Детлаф, А.А. Курс общей физики / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. - М. Высшая школа, 2017. - 245 с.
3. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике / И.Е. Иродов. - М.: Бином, 2017. - 146 с.
4. Димитриенко Ю.И. Тензорное исчисление: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 575 с. 74
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Курс теоретической физики: В 10 т.: т. 2. – М.: Физматлит, 2002. – 224 с
6. Малыкин Г. Б. , “Паралоренцевские преобразования”, УФН, 179:3 (2009), 285–288; Phys. Usp., 52:3 (2009), 263–266
7. Эйнштейн А Собрание научных трудов Т. 1 (М.: Наука, 1965) с. 7 [Einstein A Ann. Physik 322 891 (1905)]

Мои работы

http://vixra.org/author/valery_timin