Embedding a wave space in a Galilean space

Вложение волнового пространства в ГП

Valery Timin

(April 6, 2020)

Russia, RME

In this paper, we construct a wave space in the Galilean space that is synchronized with the absolute time of the Galilean space. The zero positions of the wave fronts correspond to the zero values of the coordinate axes. The grid of time coordinate values is calculated in the direction of the time axis t as the number of radiated waves at the same point of the PV. The phase of the longitudinal waves is measured in the direction of wave propagation (e.g., along the x–axis) and transverse waves perpendicular to the direction of propagation of waves in two directions (e.g., from the x – axis in perpendicular directions along the axes y and z). In this case, three reference wave coordinate spatial grids are formed simultaneously from the wave fronts of the reference frequency–along the spatial axes x, y, and z. in this case, the wave standard of time (frequency) and length is synchronized with the Galilean standards at rest. In the state of motion of the wave standard, only the time coordinate is synchronized. Thus the longitudinal wave coordinate corresponds to the number of longitudinal waves, transverse coordinate of the transverse waves in the grid construction described above, but only in a state of motion.

(Translated by Yandex Translator Яндекс–Переводчик)

В данной работе строится волновое пространство в ГП, синхронизированное с абсолютным временем ГП. Нулевые положения фронтов волн при этом соответствуют нулевым значениям осей координат. Сетка временных значений координат отсчитывается в направлении оси времени *t* как количество излученных волн в одной и той же точке ПВ. Фаза продольных волн отсчитывается в направлении распространения волны (например, по оси *x*), а поперечных волн – перпендикулярно направлению распространения волны в двух направлениях (например, от оси *x* – в перпендикулярных направлениях вдоль осей *y* и *z*). В этом случае формируются одновременно три эталонные волновые координатные пространственные сетки из фронтов волн эталонной частоты – по пространственным осям *x*, *y* и *z*. При этом производится синхронизация волнового эталона времени (частоты) и длины с галилеевыми эталонами в состоянии покоя. В состоянии движения волнового эталона синхронизирована только координата времени. При этом продольная волновая координата соответствует количеству продольных волн, поперечная координата – количеству поперечных волн при построении сетки указанным выше способом, но только в состоянии движения.

1. Вложение волнового пространства в ГП

Оглавление

1. Галилеева метрика и волны

(Более подробно см. Тимин В.А. Equation of a Wave in Galilean Space //Уравнение волны в ГП. – URL: http://vixra.org/abs/1912.0089).

В ГП возможны 4 (четыре) вида метрики, описывающие ее геометрические свойства в различных случаях. Это

1) 1–мерный промежуток времени $d\tau = dt$,
2) 3–мерное расстояние $dl^2 = dr^2$.
3) и 4) – волновые метрики – см. далее. Но прежде о распространении волн.

Волновое поле

В пространстве, интерпретируемой как материальная сплошная среда (далее – с.с.), возможно распространение волн. Но эта интерпретация для математической абстракции не важна – фазы φ:

$$A = \sin\varphi = \sin 2\pi n : n = \frac{\varphi}{2\pi}.$$

Функционально в ПВ с одной координатой "время" t волна "существует" в соответствии с гармоническим уравнением

$$\begin{gathered} A = \sin\varphi = \sin 2\pi n = \sin(2\pi\omega t + \varphi_s), \\ \varphi = 2\pi\omega t + \varphi_s, \\ n = \frac{\varphi}{2\pi} = \omega t + \frac{\varphi_s}{2\pi}. \end{gathered} \tag{1.1}$$

И фаза волны φ однозначно с точностью до постоянной величины φ_s при известной частоте ω определяет координату "время" ПВ:

$$t = \frac{\varphi - \varphi_s}{2\pi\omega}. \tag{1.2}$$

Это значит, что через фазу волнового поля φ(t) можно параметризовать пространство "время". Знак параметра частоты ω при этом однозначно определяет направление "фазной" координаты "время". Если частота ω > 0, то с увеличением времени фаза увеличивается, с уменьшением – уменьшается. Также, как и координата "время", она однородна, направленна и обладает свойством относительности, т.е. определена с точностью до постоянного смещения φ_s.

В одномерном пространственном направлении точно также имеем:

$$\begin{gathered} A = \sin\varphi = \sin 2\pi n = \sin\left(2\pi\omega r + \varphi_s\right), \\ \varphi = 2\pi\omega r + \varphi_s, \\ n = \frac{\varphi}{2\pi} = \omega r + \frac{\varphi_s}{2\pi}. \end{gathered} \tag{1.3}$$

И фаза волны φ однозначно с точностью до постоянной величины φ_s при известной частоте ω определяет пространственную координату ПВ:

$$r = \frac{\varphi - \varphi_s}{2\pi\omega}. \tag{1.4}$$

Это значит, что через фазу волнового поля φ(r) можно параметризовать пространственные направления. Знак параметра частоты ω при этом однозначно определяет направление пространственной координаты. Если частота ω > 0, то с увеличением времени фаза увеличивается, с уменьшением – уменьшается. Также, как и координата "время", она однородна, направленна и обладает свойством относительности, т.е. определена с точностью до постоянного смещения φ_s. Но в ПВ имеется не одна пространственная координата.

Функционально волна "распространяется" в соответствии с гармоническим уравнением

$$\begin{aligned} A\left(t, r^i\right) &= A_s \sin\left[2\pi\left(\omega_0 t + \omega_i r^i\right) + \varphi_s\right] = A_s \sin\left[2\pi\omega\left(c_0 t + c_i r^i\right) + \varphi_s\right] = \\ &= A_s \sin\left[2\pi\omega_0\left(t + c_i r^i\right) + \varphi_s\right], \end{aligned} \tag{1.5}$$

где A – напряженность волнового поля,

t, dt – временная координата и ее разность,

r^i, dr^i – пространственная координата и ее разность,

ω – частота волны,

ω_0, ω_i – ковариантная частота волны,

φ_s – начальная фаза волнового процесса,

c_0, c_i – ковариантная скорость волны,

ω_i – ковариантная частота волны.

Это не единственные формы записи уравнения распространения волны. С различной интерпретацией.

Волновая метрика

Расстояние *dl* можно измерить, приложив линейку между двумя одновременными точками, а **промежуток времени** *dt* можно измерить, зафиксировав время по часам в начале и конце замеряемого промежутка времени между двумя точками ПВ.

В пространстве, интерпретируемой как материальная сплошная среда (далее – с.с.), как отмечено выше, возможно распространение волн. Процесс существования волн обладает инвариантными параметрами. Ими являются напряженность волнового поля $A(t, r)$, фаза $\varphi(t, r)$ (см. (1.1)) волны в произвольной точке ПВ, начальная фаза φ_s в начале координат и разность фаз $d\varphi$ (количество волн n) между любыми двумя точками ПВ.

$$d\varphi = \omega_0 dt + \omega_i dr^i = \omega(c_0 dt + c_i dr^i). \tag{1.6}$$

Разность фаз $\Delta\varphi$ непосредственно связана с количеством волн n:

$$\begin{gathered} \Delta\varphi = 2\pi n, \\ n = \frac{\varphi}{2\pi}. \end{gathered} \tag{1.7}$$

Разность фаз определяется путем подсчета количества волн между двумя выбранными точками. Физически параметр **фазы волны *n*** тесно связан с **частотой ω, временем *t*** и пространственной координатой r^i: это количество волн, разделяющих точки пространства при двух значениях времени – начала и конца отсчета времени. Разность фаз волны вдоль обоих направлений между двумя точками должна быть одинакова: сколько полных оборотов волна сделает вдоль пространственного направления, столько же полных оборотов волна сделает и вдоль временного направления (см. (1.12)).

На его основе существует

3) 4–мерная линейная метрика – волновой линейный инвариант $d\varphi/\omega$ распространения гармонического монохромного волнового процесса любой частоты в с.с.:

$$ds_\omega = \frac{d\varphi}{\omega} = \frac{\omega_0 dt + \omega_i dr^i}{\omega} = \frac{\omega(c_0 dt + c_i dr^i)}{\omega} = c_0 dt + c_i dr^i. \tag{1.8}$$

И он оказывается пропорциональным **разности фаз** распространяющейся волны (1.5) между двумя точками. Если разность фаз зависит от частоты волнового процесса, то только что введенный инвариант не зависит от частоты.

> **Этот инвариант позволяет абстрагироваться от введения волнового инварианта через периодическое монохромное волновое поле и рассматривать волновое пространство безотносительно к модельному периодическому полю**. Но в выборе этой координаты просматривается ее неполнота, которая заключается в неполной определенности волновых параметров, определяющих волновую координату по частоте и начальной фазе.

Этот **инвариант** также является функцией координат между двумя точками ПВ и в ГП не может быть измерено с помощью галилеевых линеек и часов. Ее можно назвать **линейной координатой** вдоль направления распространения волны.

Волновое поле в многомерном пространстве

Процесс распространения волн в многомерном пространстве дополнительно связан с определенным направлением распространения фронта волны и соответствующими параметрами. При наличии многих пространственных координат произвольная свободная направленная волна в неограниченном бесконечном ПВ распространяется вдоль произвольных пространственных направлений в соответствии с этим же гармоническим уравнением. Как и волновая функция (1.1), могут существовать направленные волновые поля вдоль произвольных пространственных направлений:

$$A = \sin\left(2\pi\omega_i r^i + \varphi_i\right). \tag{1.9}$$

Так же как и ранее, если значение частоты $\omega_i > 0$, волновая координата (фаза) вдоль соответствующей координатной оси увеличивается, иначе – уменьшается. И по ним можно определить волновые координаты вдоль произвольных пространственных направлений.

Имея временную координату (1.2) и определив три волновых поля (1.9), мы получим отображение исходных временной и пространственных галилеевых координат в новую координатную систему. Ее можно назвать "волновой" координатной системой, а пространство – волновым пространством (ВП). В общем случае волновые поля могут быть и не связаны с определенными исходными координатными осями, и могут иметь произвольные 4–мерные направления:

$$\begin{aligned} A_n\left(t, r^i\right) &= A_s \sin\left[\varphi_n + \varphi_{ns}\right] = A_s \sin\left[2\pi\left(\omega_{n0} t + \omega_{ni} r^i\right) + \varphi_{ns}\right] = \\ &= A_s \sin\left[2\pi\omega_n\left(c_{n0} t + c_{ni} r^i\right) + \varphi_{ns}\right]. \end{aligned} \tag{1.10}$$

Имея три таких волновых поля, мы получим 4–мерное преобразование исходных координат в волновые координаты ВП, перенумерованные через индекс n:

$$\begin{aligned} \varphi_n - \varphi_{ns} &= 2\pi\left(\omega_{n0} t + \omega_{ni} r^i\right) : n \in \{0..3\}, \\ s_n - s_{ns} &= \left(c_{n0} t + c_{ni} r^i\right) : n \in \{0..3\}. \end{aligned} \tag{1.11}$$

Здесь ω_{n0}, c_{n0} – матрица преобразования галилеевых координат в волновые.

В общем случае какой–то зависимости между параметрами ω_0 и ω_i (c_i) нет. Правда, это преобразование $(t, r^i) \leftrightarrow (s^t, s^i)$ ничем не отличается от обычных (или произвольны) преобразований координат, разве что своей интерпретацией через "волновые поля". Но это в математике. В физике волны обладают определенными математически выражающимися "материальными" свойствами.

В реальности важным моментом в (1.10) и (1.11) является то обстоятельство, что параметры c^i связаны определенным соотношением и определенной интерпретацией:

$$\begin{aligned} \omega_0 \omega^0 + \omega_i \omega^i &= 0, \\ c_0 c^0 + c_i c^i &= 0, \\ c_0 c^0 &= -c_i c^i. \end{aligned} \tag{1.12}$$

Эти соотношения говорят о том, что волны являются материальными объектами ПВ и что в каждом направлении модуль пространственной ковариантной скорости фронта волны c^i равен значению c^0, и оно представляет собой фундаментальную скорость c фронта волны в этом направлении. А также определяют определенную "фазную" (или "интервальную") метрику в ПВ. Через них определяются параллельность и перпендикулярность волновых полей, сравнение их "метрического" соответствия для разнонаправленных волн, состояние их взаимного "движения". Основным следствием соотношений (1.12) является "выделенность", "абсолютность" волнового ПВ. В ГП она выделяет АИСО (абсолютная инерциальная с.о, или абсолютное инерциальное ПВ), а в СТО Эйнштейна – я бы назвал "абсолютное" релятивистское инерциальное ПВ.

При представлении временной координаты каких либо неожиданностей нет: при положительном значении c_0 временная волновая координата φ_0 (s_0) будет согласована с исходной. Но при представлении пространственной координаты с учетом (1.12) проявляется "метрическая" неожиданность: полученная в (1.11) фазовая координата обладает "ковариантными" свойствами: индекс n, записанный как нижний индекс, реально оказался "ковариантным индексом. Да и реально так: в (1.6) фаза волны при положительном c^i, переходящем в отрицательное c_i, оказывается направленным противоположно исходной координатной оси. Приходим к выводу, что реальную "контравариантную" волновую координату необходимо получить "поднятием" индекса n: $\varphi_n = -\varphi^n$.

Уравнение (1.10) в общем случае учитывает одновременно движение и наблюдателя, и источника волны. Это диагностируется наличием эффекта Доплера, что равносильно $c_0 \neq 1$. В этих случаях начальная фаза φ_s может быть линейной функцией от координат (t, r^i) и их взаимной скорости. Но это не изменяет форму уравнения: она остается ковариантной исходному уравнению (1.10) .

Уравнение (1.10) также одновременно выражает закон Гюйгенса для распространяющейся волны: однофазная поверхность или фронт волны перпендикулярен к направлению своего распространения. Действительно, из условия постоянства фазы в плоскости фронта волны R^f следует, что изменение фазы для любого смещения dr^f в плоскости фронта волны равно нулю. Следовательно,

$$d\varphi_f = \omega_f dr^f = 0, \tag{1.13}$$

а это есть условие перпендикулярности направления распространения фронта волны к самому фронту волны.

4) На основе линейной метрики определяется **4–мерный билинейный инвариант** (волновое расстояние) $d\varphi^2$ **и интервал** ds^2 в системе 4–х ортогональных волновых полей (см. чуть ниже), проиндексированных через n:

$$\begin{gathered} d\varphi^2 = d\varphi_n d\varphi^n, \\ ds^2 = ds_n ds^n = \frac{d\varphi_n}{\omega}\frac{d\varphi^n}{\omega} = (c_0 dt + c_i dr^i)_n (c_0 dt + c_i dr^i)^n, \end{gathered} \tag{1.14}$$

где c^n – скорость распространения фронта волны в этом пространственном направлении. Рассмотрим, как это происходит. Ее можно назвать собственным временем волнового объекта при движении в волновом пространстве между этими точками.

Это предположение является главной парадигмой существования во времени материального волнового(!) объекта, его временем жизни, да и само время есть именно количество периодов (материальной) волны между любыми двумя точками ее траектории. Галилеево абсолютное время определяется принципиально не так: оно не зависит от фазы, а фаза зависит от времени. Оно не материально и

абсолютно абстрактно.

Несмотря на различные формы записи, все четыре метрические формы "генетически" тесно связаны между собой.

2. *ВП в ГП. Создание связи ГП и ВП и их синхронизация*

Как было отмечено выше, **расстояние** *dl* между двумя одновременными точками можно измерить, приложив линейку между этими точками, а **промежуток времени** *dt* можно измерить, зафиксировав время по часам в начале и конце замеряемого промежутка времени между двумя точками ПВ. В силу абсолютности времени ГП промежуток времени между любыми двумя точками ГП не зависит от с.о., но координатное расстояние является независимой величиной только для одновременных точек.

Волновое расстояние между любыми двумя точками ВП можно измерить точно также, как определено выше, но только приложив **волновые линейки** между этими двумя точками в одно и то же волновое время, а время – с помощью **волновых часов** в одной и той же точке (вопрос об устройстве этих эталонов и процедура практического измерения здесь не ставится). Не теряя общности, можно в качестве волновых эталонов взять продолжительность одной одноместной (r = const) волны и протяженность одной одномоментной (t = const) этой же волны в этом же ГП, возбуждаемой эталонным источником волны. Вопрос о частоте этого эталонного волнового процесса здесь также не ставится – но она по построению в данном случае равна количеству длин волн в эталонах длины и времени. В нашем выборе нормированная частота получается 1 (один) Гц. Время измеряется в секундах (с), протяженность – в метрах (м). Можно и безразмерно.

Одного волнового процесса достаточно для определения любого промежутка времени в одной точке и организации часов в этой точке. Но возможно ли распространить это время на другие точки ПВ? Транслировать широковещательно собственное время эта точка, конечно, может. Каждая точка ПВ, находящаяся на расстоянии n периодов волны, получит это время через эти же n временных периодов. С одной стороны, как будто синхронизация всех часов с эталонным источником времени произведена: все часы ходят синхронно с широковещательным сигналом. Но эта синхронизация не симметрична: при смене места расположения эталонных часов все часы рассинхронизируются. И даже более: при изменении взаимного расположения часов (их перемещении) также произойдет рассинхронизация часов. Замечу: здесь явно выделено направление течения времени для синхронизации от эталона: начало = отправление информационного сигнала от эталона, конец = получение информационного сигнала приемником. Независимо от того, куда течет время, это направление выделено! И оно генетически продлевается в ПВ.

Посмотрим, как с волновым расстоянием. Процедура измерения та же: подсчитываем количество периодов между двумя точками – а она ничем не отличается от предыдущего. Получается, что время и расстояние – считаются одним и тем же способом по одной и той же процедуре и, следовательно, всегда равны. Но они разные! при использовании одной пространственной волны всегда будет так: количество временных волн всегда равно количеству пространственных волн. Для избавления от такой ситуации необходимо использовать координатный метод – т.е. использовать четыре независимые - три пространственные и одну временную волновые - оси координат.

Параметризация пространства–времени

Здесь, конечно, встает вопрос: как разделить "временную" координатную ось от пространственных из четырех взаимно независимых осей координат? Они же равноправны, и в принципе любой из четырех независимых волновых векторов можно выбрать как "временная" координата. Но в реальном физическом пространстве это не так – ось времени четко отделяется от пространственных осей.

Оказывается, в реальном пространстве временная ось четко отделяется от пространственных в соответствии со следующей теоремой о непрерывной функции. Посмотрев хотя бы на (1.12), мы видим, что в ней есть составляющие разных знаков – положительные (dt^2) и отрицательные ($-dr^2$). А теорема о промежуточном значении (или Теоре́ма Больца́но — Коши́) утверждает, что если непрерывная функция, определённая на вещественном промежутке, принимает два значения, то она принимает и любое значение между ними. В соответствии с этой теоремой функция, принимающая на концах противоположные по знаку значения, обязательно пересечет разделяющую их ось с нулевым значением. Следовательно, любой времениподобный вектор эффективно отделяется от всех пространственных векторов по этому признаку: чтобы совместить временной вектор непрерывным движением с пространственным, длина (интервал) вектора должна пройти нулевое значение. А любые два пространственных вектора (как и любые две времениподобные вкекторы) можно непрерывным движением совместить с любым другим пространственным же вектором, не превращая в вектор нулевой длины.

Как следствие, в ПВ можно выделить четыре взаимно независимых вектора O^i, определяющих координатные оси: одно – временное, и три – пространственных. А все ПВ определяется как прямое произведение двух подпространств – одномерного базисного подпространства "время" и 3–мерного базисного подпространства – (просто) "пространства". А 4–мерное ПВ в этом представлении будет состоять как бы из множества 3–мерных пространственных слоев, пронумерованных значениями времени. И таких подпространств ровно столько, сколько значений времени. Это – статическое определение ПВ. Можно и по другому – динамически: 3–пространство существует, движется и развивается во времени.

На основании выделения четырех базисных векторов можно организовать координатное представление ПВ. Для этого эти четыре вектора надо привязать к определенной точке ПВ и параметризовать ПВ как векторное пространство с привязкой к выбранной точке как началу координат. Вместо произвольной системы векторов можно выбрать ортонормированную систему векторов (неважно каких – галилеевых или волновых), определив метрический тензор или операцию сопряжения для определения скалярного произведения векторов.

Но насколько однозначно определяется время и расстояние между точками пространства? Для ГП галилеево время определяется абсолютно, а расстояние однозначно, однородно и изотропно только для одновременных точек. Но так ли в ВП? Волн типа (1.10) может быть множество – по количеству разных направлений $k^i = c^i/c$ (в т.ч. противоположно направленных). И галилеева скорость распространения волны в ней не обязана быть однородным и изотропным – зависимым от направления. И частота может быть разная. А время и расстояние могут быть только однозначными (с точностью до выбора базисных векторов):

$$\begin{gathered} \Delta t(O,t,r) = \Delta t(O,c,\omega,\varphi^t) = \frac{\Delta\varphi^t}{2\pi\omega}, \\ L(O,t,r) = L(O,c,\omega,\varphi^r) = \frac{\Delta\varphi^r}{2\pi\omega c}: t = \mathrm{const}, \end{gathered} \tag{1.15}$$

Здесь $\Delta\varphi^t \sim O^t$ – волновая координата (фаза) по временному базисному вектору,

$\Delta\varphi^r \sim O^r$ – волновая координата (фаза) по пространственному(ным) базисному(ным) вектору(ам),

c – скорость волны в данном направлении.

Решением может быть выбор максимального значения этого расстояния для всех возможных направлений, что соответствует условию коллинеарности направления волнового вектора k^i и направления на целевую точку $r_i \sim \varphi^r$: $k^i \parallel r^i$. По законам линейной векторной алгебры для этого достаточно выбрать три базовых ортонормированных направления, разложить вектор r^i по этим векторам и вычислить ее метрическую длину через скалярное произведение на себя:

$$\begin{aligned} L(O,r) &= \sqrt{r_i r^i} = \sqrt{(r^i)^2} : t = \text{const}, \\ L(O,r) &= \sqrt{s_i \varphi^i} = \sqrt{(s^i)^2} : t = \text{const}. \end{aligned} \tag{1.16}$$

Для ГП (1.16).1) означает, что просто надо выбрать три ортогональных направления. Для ВП (1.16).2) означает создание трех взаимно ортогональных волновых полей одной и той же эталонной частоты. Ортогональность двух волновых полей означает, что направление распространения ортогональной волны происходит в плоскости фронта первой волны.

Форма (1.16) однородна и изотропна. Такой вид расстояние имеет опять же в ГП и пространстве Минковского (и СТО Эйнштейна). Да и любого другого однородного и изотропного пространства. Из этого определения видно, что из него не следует ничего, что напоминало бы возможность существования выделенной с.о. типа АИСО. Как следствие, если в ней возможно существование ИСО, то все они равноправны.

Но этого совершенно недостаточно для однозначного вложения определенного выше ВП в галилеево. В ГП соответствии с (1.10) где не задано никаких ограничений на значение ковариантной скорости волны $c_i = k^i/c$, эта скорость может быть зависимым от направления и очень даже не симметричной. Например, такой:

$$c_i = \frac{k^i - v^i/c}{c}, \tag{1.17}$$

где c – фундаментальная константа,
k^i – единичный вектор в направлении распространения волны,
v^i – ковариантная скорость асимметричности волнового поля от направления.

Такой вид имеет ковариантная скорость волны в ИСО галилеева пространства в соответствии с галилеевым законом сложения скоростей. Тогда волновое расстояние (1.16) между точками может зависеть от направления (t = const):

$$L(O,r) = c_i s^i : t = \left(\frac{k^i - v^i/c}{c}\right) s^i. \tag{1.18}$$

Учитывая, что в АИСО ГП k^i симметрично, имеем:

$$L(O,r) = \left(\frac{k^i}{c} r^i - \frac{v^i}{c^2}\right) s^i = \sqrt{g_{ij} s^i s^j} - v_i s^i, \tag{1.19}$$

получаем в качестве расстояния сумму симметричной и антисимметричной частей. В дифференциальном виде это расстояние запишется в следующем виде:

$$dL(O,ds) = \frac{k^i}{c}ds^i - v_i ds^i = \sqrt{g_{ij}\,ds^i ds^j} - v_i ds^i. \tag{1.20}$$

(в (1.20) есть что то очень знакомое).

Таким образом, мы получили волновое пространство и волновую метрику посредством распространяющейся в галилеевом пространстве сетки волновых полей. Замечу: при изменении направления распространения волновых полей на противоположную расстояния изменятся, т.к. изменятся знаки при соответствующих этому координатах s^i. Но радикал в (1.20) при этом не изменится, а изменится скорость v^i, т.к. изменится направление оси координат. Еще одно замечание: эталонные волновые поля нигде не начинаются и нигде не кончаются. Они заполняют все пространство от $-\infty$ до $+\infty$. Т.е нет источников со сферическим распространением возбуждаемой ЭМВ (или они находятся бесконечно далеко в определенных осями координат направлениях), тем более в начале координат.

Одного желания вложить ВП в ГП абсолютно недостаточно для организации связи с ГП. Вложение ВП в ГП – это одно, а, например, вложение в пространство Минковского (СТО Эйнштейна) – совсем другое. Без каких либо постулатов вложения волнового процесса и организации связи с галилеевым пространством здесь не обойтись (замечу – процедура вложения волны в галилеево пространство "материализует" ее). Для организации такой связи можно воспользоваться инвариантом галилеева пространства – временем *t*. Поэтому первым постулатом будет постулат связи времени и фазы волнового процесса (точнее, синхронизация начала волнового периода со временем ГП). Например, такие.

Постулаты вложения ВП в ГП

Уникальность волнового пространства.

1. Существует единственная (с точностью до смещений и поворотов) ИСО, в которой скорость распространения волн постоянна, изотропна и равна *c*. В этой ИСО координаты волнового и галилеева пространств совпадают. Эта с.о. называется покоящейся или АИСО.

Абсолютность времени

2. В любом галилеевом волновом ИСО **время абсолютно** и совпадает с галилеевым временем (вопросы практической реализации таких часов в данной работе не рассматриваются. В технике этот вопрос с достаточной для практики точностью решен). Для одной и той же точки пространства

$$\varphi = \omega t \to t = \frac{\varphi}{\omega}. \tag{1.21}$$

Эта формула предполагает, что в галилеево пространство могут быть вложены волновые процессы с различными эталонными частотами ω. Эталонная частота является абсолютным инвариантом вложения в ГП. Т.е. независимо от того, как движется или не движется источник, между двумя ее периодами всегда проходит один и тот же промежуток времени по галилеевым часам (механизм синхронизации времени ВП с временем ГП здесь не рассматриваю, но предполагаю, что генератор эталонной частоты безусловно синхронизирован с временем ГП и, возможно, не имеет волновую природу).

Кроме координаты времени, в ГП имеются также пространственные координаты и параметры, связанные с ним. Волна существует не только во времени, но и распространяется в ее "протяжении". Эту связь можно постулировать введением скорости ее распространения *c* и длины волны λ следующими положениями.

3. **Скорость волны** *c* определяются из уравнения

$$c^2 \Delta t^2 = \Delta L^2. \tag{1.22}$$

Здесь ΔL – галилеево расстояние, которое прошел фронт волны за время Δt.

4. **Галилеева длина волны** определяется между одновременными (в галилеевом смысле) однофазными точками соседних волн в направлении его распространения. Длина волны определяется по формуле

$$\lambda = \frac{c}{\omega}. \tag{1.23}$$

Через нее организована пространственная координатная сетка.

Как следствие, эталонные линейки и часы ГП можно создать на основе покоящихся в АИСО синхронизированных с галилеевыми эталонных источников распространяющейся эталонной реперной волны определенной частоты. Или в некоторой выделенной как АИСО со свойствами, совпадающими с приведенными выше свойствами: такую АИСО назовем "условной АИСО". С использованием волны эталонной частоты и счетчика количества циклов изменения фазы этой волны в АИСО можно создать "условную" "абстрактную" "с памятью" "читаемую" "координатную сетку" ГП в АИСО (или из условных АИСО) и принять ее для всяких "условных" "абстрактных" "мысленных" измерений. Создание такой координатной сетки равносильно организации бесконечной скорости передачи информации в галилеевом ПВ в рамках одной АИСО. Вопросом практической возможности создания такой системы здесь также не задаемся. Но …

Фактически на планете Земля существует именно эта система абсолютных "условно покоящихся электромагнитных эталонов" и на ее основе сформирована условная "галилеева" система точного времени и координат на поверхности Земли. И поддерживается эта система с помощью соответствующих "электромагнитных" эталонов и распространяется системами точного времени и спутниковыми системами навигации GPS (USA), GLONASS (RUSSIA), GALILEO (EUROPA) и т.д. Эту систему сложно назвать инерциальной, т.к. она находится под влиянием движения Земли вокруг Солнца и вращением вокруг собственной оси, но ошибки позиционирования оказываются вполне допустимыми с точки зрения сегодняшних потребностей или обходятся другими путями.

3. Галилеево и волновое расстояния между м.о.

Галилеево расстояние можно определить или непосредственно с помощью галилеевых линеек, или подсчитав **количество эталонных реперных периодов** волны (см. Рисунок 1.1) между двумя одновременными точками и ее известных галилеевых параметров. Зная скорость распространения волны, частоту и количество уложившихся волн между точками *A* и *B*, можно вычислить и расстояние между ними в любой другой ИСО. Для такой волны имеет место уравнение

$$L_{AB} = \frac{N_{AB} \cdot c_{AB}}{\omega}, \tag{1.24}$$

где L_{AB} – расстояние между точками *A* и *B*,
ω – частота эталонного источника,
N_{AB} – количество длин волн межу двумя этими же точками,
c_{AB} – скорость распространения волн между двумя этими же точками с т.з. наблюдателей *A* и

B.

Волновое расстояние определяется количеством уложившихся волн N_{AB} между этими же точками и эталонной частотой ω в соответствии с той же формулой (1.24). Вопросом практической реализации системы подсчета количества уложившихся волн здесь не будем заниматься, тем более, эта задача решена технически на Земле.

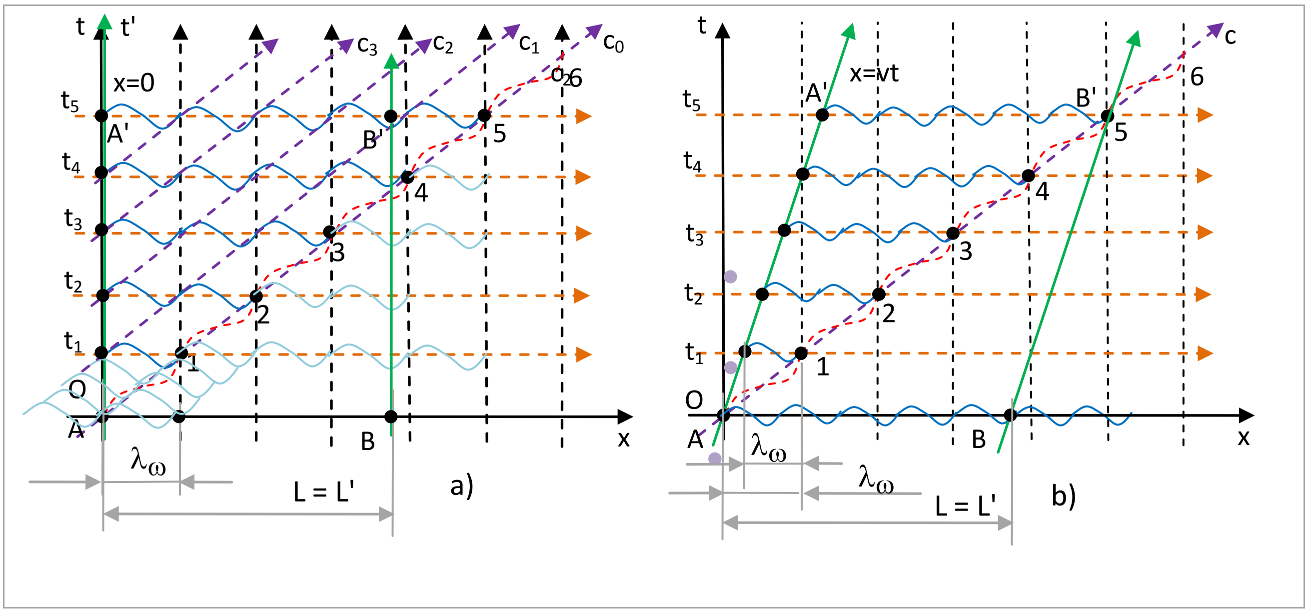

Рисунок 1.1

К расчету расстояния, частоты и длины волны от a) покоящегося и b) движущегося источника волн *A* в ГП. Принимается, что формирование волн началось в начале с.к. и распространяются они только вправо. Каждая волна начинает формироваться в момент времени t_n с нового места расположения условного источника *A*. В каждый момент времени t_n положение, количество и форма волн соответствует показанным на рисунке.

Еще одну возможность определения расстояния между двумя точками дает уравнение

$$L_{AB} = T_{AB} \cdot c_{AB}, \tag{1.25}$$

где T_{AB} – инвариантное в ГП время распространения сигнала между любыми точками *A* и *B*.

А **промежуток времени** между двумя не одновременными событиями можно измерить, прочитав показания синхронизированных абсолютных часов (счетчиков циклов) в начале и конце измеряемого промежутка времени.

А одинаковые ли будут расстояния в обоих направлениях?

В состоянии покоя в АИСО ответ положительный в силу изотропии АИСО и условий ее выбора (см. Рисунок 1.1.a) . Дополнительный аргумент – количество волн между точками *A* и *B* в этом случае не зависит от направления распространения. В силу того, что волновое поле организовано в АИСО (= выделенном ИСО), результат подсчета количества пространственных "волн" не будет зависеть и от скорости экспериментатора.

Учитывая, что экспериментатор может находиться в состоянии с любой произвольной координатой и любой произвольной скоростью относительно АИСО, а также результат предыдущей части о том, что выделить АИСО с помощью только частоты волны невозможно, могу заключить, что все эти с.о. равноправны. Таким образом, я прихожу к выводу о существовании различных равноправных ИСО с т.з. "волнового" исследователя. И обратно – каждое из ИСО я могу выбрать в качестве АИСО.

Но встает вопрос: как это отразится на измерениях? И вообще: какими будут процедуры измерения для такого наблюдателя? Останутся ли расстояния между двумя точками инвариантными в единицах введенных выше абсолютных волновых эталонов в различных ИСО?

Если измерять с помощью абсолютных галилеевых эталонов времени и расстояния – то, конечно, да. Но при измерении посредством волновых эталонов выявится проблема – в движущемся ИСО, в соответствии с эффектом Доплера, частота эталонного сигнала от покоящегося в АИСО источника волновой сетки изменится. Но длина волны при этом не изменится. Если пользоваться галилеевыми часами и волновым эталоном длины от реперной волны, то для ИСО практически ничего не изменится: [**Тимин В.А.** Equation of a Wave in Galilean Space Уравнение волны в ГП . URL: http://vixra.org/abs/1912.0089]. И он даже может определить свою скорость в АИСО.

Но это в случае, если АИСО и ИСО взаимно локализованы через эталонную реперную сетку.

А если АИСО не локализовано и поле волны эталонной частоты АИСО не организовано? В таком случае поле волны эталонной частоты может быть организовано от источника *A* в сторону приемника–зеркала *B* в его с.о. Для этого случая рассмотрим Рисунок 1.2.

На Рисунок 1.2 м.о. *A* и *B* движутся из начала координат *O* вдоль оси *x*, **находясь в сетке поля эталонной волны от источника *A*.** Измерение расстояний производится подсчетом количества волн между объектами *A* и *B* от момента испускания от *A* и до момента получения ее объектом *B*. А т.к. время у нас измеряется по условию синхронизации галилеевыми часами, то оно равно количеству излученных волн источником *A* от начала и до получения сигнала приемником *B* в соответствии с (1.1) .. (1.7).

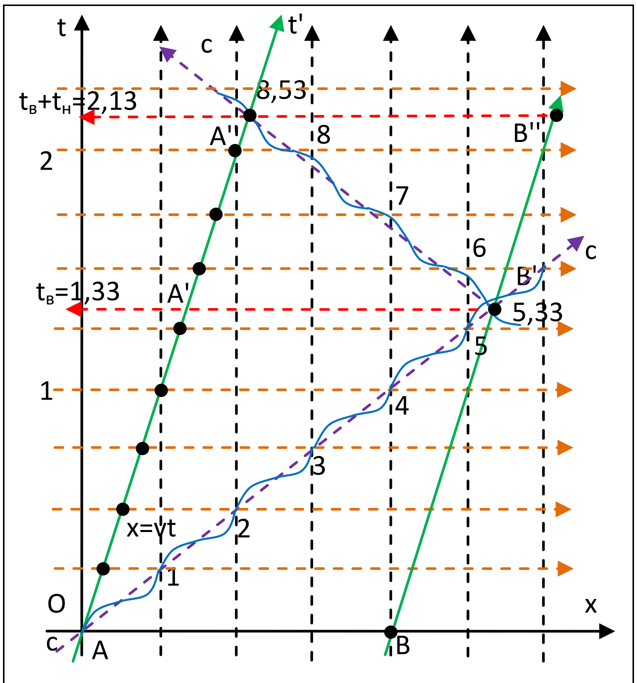

Рисунок 1.2

К расчету расстояния, частоты и длины волны движущегося источника волн в галилеевом пространстве. Черными точками показаны моменты формирования фронта новой волны.

Волна, испущенная от источника *A* в момент времени t_0, дойдя до зеркала *B'* в момент времени $t' = t_в$, отражается и отправляется обратно в сторону *A* (см. Рисунок 1.2). Волна возвращается в исходную точку *A''* в момент времени $t'' = t_в + t_п$. Из предыдущей части мы знаем, что несмотря на то, что источник и зеркало могут двигаться в потенциальном АИСО, они не способны определить это свое движение измерением только частоты. В результате получается нулевой ИСО–шный доплеровский эффект. А, следовательно, должна получаться интерференция двух противоположно направленных ИСО–шных волн между источником и зеркалом. Подсчитав количество волн между источником и зеркалом, можно определить и расстояние между ними. Волновое расстояние.

С определением расстояния между источником и зеркалом в ГП имеется некоторая проблема неоднозначности. С т.з. галилеевых исследователей *A* и *B* волна

1) в обоих направлениях прошла одно и то же расстояние: $AB = A'B' = A''B''$, но не мгновенно, а со скоростью волны: на Рисунок 1.2 это расстояние равно 4 единицам. Но об этом волновые наблюдатели не знают – они не синхронизированы с АИСО.

С т.з. и галилеевых, и волновых исследователей A и B, в силу скалярности фазы волны,

2) от A до B в соответствии с примером Рисунок 1.2 по проекции на ось x волна прошла на 5,33 – 4 = 1,33 АИСО–шную эталонную волну большее расстояние, чем расстояние AB;
3) от B до A волна прошла меньшее на 4 – (8,53 – 5,33) = 0,8 волны расстояние. Это связано с эффектом Доплера, в соответствии с которым количество эталонных волн между взаимно покоящимися м.о. A и B будет зависеть от их абсолютной скорости в АИСО.

Несмотря на то, что количество волн в направлениях от A до B и от B до A отличаются, частота остается инвариантной, соответствующей галилеевой. Но факт неравенства количества волн в разных направлениях позволяет заключить, что наблюдатели могут сделать вывод о не абсолютности своих с.о. А по количеству волн возможно определить и степень этой не абсолютности, т.е. возможно, выбрав эталонную изотропную скорость волны и, измерив длины и продолжительности волн, локализовать свою с.о. в некоторой галилеевой АИСО.

4. Синхронизация часов в ГП посредством волновых эталонов

Последняя операция для создания любого ИСО, в т.ч. волнового – это синхронизация часов. Синхронизация часов необходима для определения слоя "пространства" одновременности с тем, чтобы в этом пространстве время было одним и тем же.

В ГП синхронизация часов определяется автоматически – простой сверкой часов при перемещении между ними. Это связано с тем, что скорость хода часов в ней абсолютна, и что при галилеевых преобразованиях координат "пространство" одновременности не изменяется, следовательно, и координата "время" тоже не изменяется:

$$t' = t. \tag{1.26}$$

Но часы эти должны быть специальными – галилеевыми. Они не должны изменять скорость своего хода ни от места, ни от скорости движения. Реальные часы это условие могут и не обеспечить. Даже при вложении ВП в ГП, что мы рассматривали выше, генератор эталонной волны должен быть синхронизирован с галилеевым временем, несмотря на наличие эффекта Доплера при изменении своей скорости.

В произвольном пространстве с ИСО, в т.ч. волновом, абсолютность времени уже не обязана быть аксиомой, да и скорость их хода может зависеть и от места, и от скорости движения. А для этого необходимо определить механизм генерации "эталонной" волны с синхронизацией независимо от времени ГП. Доказательством этих положений может быть существование по крайней мере двух принципиально различных, не сводимых друг к другу моделей ПВ – это ГП и "волновое" пространство СТО. Альтернативой галилеевым преобразованиям координаты "время" является линейное преобразование:

$$t' = \alpha t + \beta r. \tag{1.27}$$

Размерность параметра β здесь выражается в единицах, обратных скорости – в с/м (секунды на метр), параметр α безразмерен. Зависимость α и β предполагается от направления скорости. Здесь в общей сложности возможны следующие "ортонормированные" или близкие к ней варианты:

1. $\beta = 0$, $\alpha = 1$ – это случай (1.27) чисто ГП;

2. $\beta = 0$, $\alpha \neq 1$ – это тоже похожий на (1.27) случай – релятивистский случай, но с абсолютным временем (и другой скоростью хода эталонных часов, зависимой от скорости);
3. $\beta \neq 0$ – это принципиально другие к (1.27) случаи. Если $\alpha = 1$ – то это дорелятивистский случай, т.е скорость хода часов не изменяется.
4. Если при этом $\alpha \neq 1$ – то это релятивистский случай, т.е скорость хода часов зависит от параметра "скорость" преобразования.

А если к ним добавить еще и псевдориманово пространство ОТО, то … Поэтому необходимо определить процесс синхронизации часов каким либо алгоритмом с учетом реальных свойств часов. Точнее – реальных эталонов длины и времени. В математической модели проблем с этим нет: просто создается или постулируется соответствующая координатная сетка с соответствующей метрикой и правилами их преобразований. Но в практическом плане, плане интерпретации и ее соответствия физической реальности, есть проблемы.

В физической реальности ПВ и ее метрические свойства строятся на основе свойств реальных эталонов длины и времени. Какими свойствами обладают эти эталоны, таким и будет представляться исследователю реальный физический мир. Если они обладают свойствами абсолютности – получим абсолютные пространство и время типа галилеевых, если нет – то, естественно, нет. Но гарантировать, что ПВ будет плоским, даже в этом случае будет невозможно. Но локально, в приближении бесконечно малой окрестности каждой точки – малых расстояний, времен и скоростей – да.

Итак, какими же эталонами обладает человечество? Человечество до конца 19 века было уверено, что обладает "галилеевыми" абсолютными эталонами. Действительно, эталоном длины у него служили какие либо предметы или объекты, которые не изменяли своей длины ни от места на Земле, ни от времени, ни от скорости. Во всяком случае, земляне в этом были уверены. Такими объектами были, в частности, длина ступни короля – фут (~30,48 см), расстояние между кончиками пальцев и плечом – аршин (~71,12 см), 1/40'000'000 часть экватора, длина специально созданного металлического эталона длины. В настоящее время – метр есть длина пути, проходимого светом в вакууме за интервал времени 1/299 792 458 секунды (точно).

С древних времен за эталоном времени принималось вращение Земли вокруг своей оси. Секунда равнялась 1/86400 части солнечных суток. В настоящее время секунда – это «интервал времени, в течение которого совершается 9192631770 колебаний, соответствующих резонансной частоте энергетического перехода между определенными уровнями сверхтонкой структуры основного состояния в атомах цезия–133. Следствием этих определений является постоянство скорости света. Всегда и везде. Принципиально.

Как видно, в качестве и эталона длины, и эталона времени принимаются электромагнитные "волновые" эталоны длины и времени. Следовательно, и реальный, физический мир в экспериментах физиков, да и представителей других наук и технических направлений, мы видим в единицах этих эталонов. И это не может противоречить тому, что мы все – и люди, и животные, птицы и другие представители живого мира – видим мир глазами посредством электромагнитных волн, а именно через определенный ее диапазон волн, определенный как "световой" диапазон с длинами волн в вакууме примерно от 380 (750 ТГц $=7{,}50\cdot10^{14}$ Гц) до 780 нм (395 ТГц $=3{,}95\cdot10^{14}$ Гц). А это означает, что ПВ для нас должно обладать свойствами волнового пространства, а не галилеева абсолютного. И если мы не замечаем этого, то только благодаря тому, что эти отличия настолько малы, что не бросаются в глаза. И долгое время не замечались даже представителями научной и технической общественности. Вплоть до 17 века, когда впервые была определена скорость света. Но и это не поколебало "абсолютность" ПВ и того факта, что ограничение скорости света приводит к изменению геометрии наблюдаемого ПВ. Но с развитием электродинамики такие проблемы появились и пришло научное осознание следствий этого факта. В результате появились уравнения Максвелла, преобразования Лоренца, СТО и ОТО А.Эйнштейна.

5. Алгоритм синхронизации часов галилеева пространства на основе волновых эталонов

При измерении волнового расстояния между двумя точками было необходимо обеспечить 1) подсчет количества волн эталонной частоты между ними в определенном направлении 2) в одно и то же время. Сложность алгоритма заключалась именно во втором пункте – в алгоритме определения одновременности. Одновременность может быть определена в галилеевом смысле абсолютного времени, что выражается уравнением (1.27), и в не галилеевом смысле, что выражается уравнением (1.28).

Как уже было отмечено выше, в ГП синхронизация часов определяется автоматически – простой сверкой часов при перемещении между ними. Это связано с тем, что скорость хода часов в ней абсолютна, и что при галилеевых преобразованиях координат плоскость" одновременности не изменяется, следовательно, и координата "время" также не изменяется (1.27). Но повторю – часы эти должны быть специальными – галилеевыми. Они не должны изменять скорость своего хода ни от места, ни от скорости движения, ни от чего либо еще. Реальные часы, используемые на Земле, в большинстве случаев с большой точностью удовлетворяют этому условию. Но более точные эксперименты показали, что это условие они не всегда обеспечивают. И эти ошибки не укладываются в ошибки эксперимента.

На каких же принципах можно синхронизировать часы?

В ГП при использовании галилеевых часов никаких специальных принципов не нужно – таскай эталонные часы по всей Вселенной и синхронизируй с ним все другие часы по показаниям и скорости хода, в случае необходимости – корректируй. Далее они уже идут синхронно. Но проблема, или неудобство именно в практическом исполнении этого самого "таскай". Но есть возможность воспользоваться сигналами, распространяющимися со скоростью света. Мы знаем, что волновые эталоны ГП АИСО можно синхронизировать в точке нахождения источника.

Для начала предположим, что у нас нет галилеевых часов и мы с волновыми эталонами находимся в АИСО ГП. Т.е. скорость распространения волны изотропна. Тогда, зная расстояние, скорость волны и текущие времена у обоих исследователей, покоящихся относительно АИСО, можно **вычислить необходимую "галилееву" корректировку часов для их синхронизации** в любой точке пространства. Причем это можно сделать с обеих сторон. Для этого можно предложить следующий метод, основанный на знании скорости движения фронта волны.

1. Наблюдатель *A* с эталонным временем посылает эталонный кодированный сигнал с показаний своих часов к наблюдателю *B*, часы которого необходимо синхронизировать.
2. Наблюдатель *B* принимает этот сигнал и расшифровывает. Если расстояния малы и время прохождения сигнала меньше технически допустимой ошибки, то возможна прямая синхронизация присланным сигналом с текущим временем. Такой случай рассмотрен в ч.2.
3. Если известно расстояние Δr и время прохождения сигнала критично, то вычисляем коррекцию часов на величину Δt:

$$\varDelta t = -\frac{\Delta r}{c}. \tag{1.28}$$

Данный алгоритм позволяет непротиворечиво синхронизировать часы во всем пространстве.

4. Далее необходимо синхронизировать скорость хода часов наблюдателя B. Для синхронизации покоящихся в АИСО часов выполненного выше алгоритма вполне достаточно, если используются одни и те же принципы и (механизмы) функционирования часов. В противном случае для синхронизации скорости хода часов необходимо провести синхронизацию часов еще один раз, но на этот раз – для синхронизации скорости хода часов. При вторичной синхронизации производится расчет коэффициента k_B скорости хода часов наблюдателя B:

$$k_B = -\frac{\Delta t_э}{\Delta t_B}. \tag{1.29}$$

где $\Delta t_э$ – разность показаний эталонных часов между двумя сеансами синхронизации,

Δt_B – разность показаний синхронизируемых часов между двумя сеансами синхронизации.

Если расстояние между наблюдателями неизвестно, то для синхронизации часов необходимо произвести почти такую же операцию со стороны наблюдателя B.

1. Наблюдатель B посылает сигнал запроса времени к наблюдателю A, при этом включает свой таймер.
2. Наблюдатель A с эталонным временем посылает в ответ эталонный кодированный сигнал показаний своих часов к наблюдателю B, часы которого необходимо синхронизировать.
3. Наблюдатель B принимает этот сигнал, останавливает свой таймер и одновременно расшифровывает эталонное время наблюдателя A. Затем рассчитывает коррекцию собственного времени от переданного по формуле как половину от показаний таймера:

$$\varDelta t' = -\frac{\Delta t}{2}. \tag{1.30}$$

Этот механизм основан на изотропности скорости распространения волны.

4. Также, как и в первом случае, необходимо синхронизировать скорость хода часов наблюдателя B. Для этого необходимо произвести еще одну процедуру синхронизации времени и рассчитать коэффициент коррекции по (1.30).

Формулы (1.28) и (1.29) справедливы для изотропного распространения волны для покоящихся относительно АИСО наблюдателей. Для случая одного неподвижного (в АИСО) и другого подвижного (в ИСО), движущегося с постоянной скоростью относительно АИСО наблюдателя также можно определить формулу коррекции показаний и хода часов для их синхронизации. Алгоритм при этом тот же самый (см. выше). Но для вычисления коррекции по алгоритму в этом случае необходимо найти значение коррекции часов Δt_B, решив "школьную" алгебраическую задачу типа "две машины стартуют с точки B …":

$$\begin{cases} \Delta t_{BA} = \dfrac{AB}{c}, \\ \Delta t_{AB} = \dfrac{AB + BA + v(\Delta t_{BA} + \Delta t_{AB})}{c} \end{cases} \rightarrow$$
$$\Delta t_{AB} = \frac{AB + BA + v\left(\frac{AB}{c} + \Delta t_{AB}\right)}{c} \rightarrow \tag{1.31}$$
$$\Delta t_2 = \frac{AB}{c}\frac{c+v}{c-v}.$$

Здесь Δt_{AB} – время распространения сигнала запроса от B до A,

Δt_{BA} – время распространения ответного сигнала от A до B,

v – скорость ИСО наблюдателя B в АИСО. Можно определить предварительно по взаимному эффекту Доплера частоты эталонного сигнала в информационном диалоге,

Δt_2 – коррекция времени часов наблюдателя B.

Также, как и в первых двух случаях, необходимо провести дополнительно синхронизацию скорости хода часов наблюдателя B по тому же алгоритму (1.30).

Но – повторю: все это в случае, если известно АИСО и используются волновые частотные эталоны длины и времени в ИСО и АИСО ГП. Это очень сильное условие! Еще одно очень сильное условие – точно известно, и не только известно, но и существуют реально (или хотя бы потенциально) другие в точности галилеевы абсолютно(!) одновременные события в различных точках пространства на произвольном расстоянии друг от друга. Т.е. пространство – галилеево! В результате получаем физическое галилеево ПВ с абсолютной галилеевой разметкой системы координат. Для получения математического образа ГП ничего этого даже не нужно: в ней уже произведена разметка и времени, и координаты каждой ее точки, и задача заключается только в прочтении этих абсолютных значений координат в каждой точке математического образа галилеева ПВ.

Псевдогалилеево пространство отличается от ГП только тем, что скорость хода часов в произвольном ИСО отличается от хода часов в АИСО этого пространства. В частности, это релятивистское галилеево пространство (РГП) и пространство СЭТ с преобразованиями координат из АИСО в ИСО (см. (1.28), случай 2):

$$t' = \gamma t \text{ (РГП, СЭТ, ?.. : } \gamma \neq 1). \tag{1.32}$$

В этих случаях предполагается, что используются одни и те же механизмы для создания часов и синхронизация скорости хода часов между взаимно неподвижными часами не производится. Но предполагается, что ПВ – абсолютно. Насколько это соответствует реальности – не важно. Эксперимент покажет, что в реальности. Современная экспериментальная физическая наука говорит о том, что в области малых скоростей $\gamma = 1$, а в области больших скоростей реализуется релятивистский случай 3 формулы (1.28).

2. Сокращения и другие соглашения

(*) А – абсолютное, В – время, Г – галилеево, И – инерциальное, К – координаты, квантовая, М – механика, метрическое Н – ньютоново, неинерциальная, О – отсчета, относительности, общая, П – пространство, Р – релятивистская, С – система, специальная, Т – теория, тензоры, Ф – физика, Ч – частная,	АПВ – ПВ с абсолютным временем и пространством. АСО (АИСО) – абсолютная (инерциальная) система отсчета, ВП – волновое пространство, ГП – галилеево пространство, ГВП – галилеево волновое пространство, ИСО – инерциальная система отсчета – координатная с.о., полученная из исходного ортонормированным линейным преобразованием координат и тензоров (ЛПТК), ЛПТК – линейные преобразования тензоров и координат, МГП – метрическое галилеево пространство, ПВ – пространство–время, ГПВ – галилеево пространство–время, ПТК – преобразования тензоров и координат. СО, с.о. – система отсчета, СК, с.к. – система координат, (и)т.д. – (и) так далее, (и)т.п. – (и) тому прочие, в т.ч. – в том числе, т.з. – точка зрения, с.с. – сплошная среда.

1) *При использовании более чем одной буквы.
2) Выделение красным цветом в формуле может обозначать равный нулю элемент формулы или выражения.
3) По одинаковым верхнему и нижнему индексам производится свертка (суммирование) соответствующих элементов (по правилу Эйнштейну).
4) По индексу в скобке типа "$_{(k)}$" или "$^{(k)}$" свертка не выполняется, но она привязана к соответствующему тензорному или другому индексу "функционально".
5) Формат ссылок на формулы: (N). При необходимости указания на конкретную строку формулы применяется формат (N):n, где n – номер строки формулы, начиная с 1 (единицы), причем эта нумерация продолжается и на дальнейшие не нумерованные формулы.

3. 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. Димитриенко Ю. И. Тензорное исчисление: Учеб. пособие для вузов. . – М. : Высш. шк., 2001. –575 с..
4. Иродов И. Е. Задачи по общей физике / И. Е. Иродов. . – М. : Бином, 2017. 146 с..
5. Ландау Л. Д., Лифшиц, Е. М. Курс теоретической физики . – М. : Физматлит, 2002. –224 с.. – Т. 2 : 10.
6. Малыкин Г. Б. Паралоренцевские преобразования . – 05 07 2019 г.. –.
7. Малыкин Г. Б. Паралоренцевские преобразования [Статья] // УФН. – М. : УФН, 2009 г.. – 179 : Т. 3. – стр. 285–288. – //Phys. Usp., 52:3 (2009), с. 263–266. – 179:3(2009). //URL: http://www.mathnet.ru/php/getFT.phtml?jrnid=ufn&paperid=736&what=fullt&option_lang=rus. Дата обращения: – 05.07.2019 г.
8. Чепик А. М. Сходство и различие СЭТ и СТО . – 19 07 2019 г.. – URL: http://redshift0.narod.ru/Rus/Stationary/Absolute/Absolute_Principles_4.htm – // Нижний Новгород, e–mail: redshift0@narod.ru.
9. Эйнштейн А. Собрание научных трудов //Einstein A Ann. (1905) . – М. : Наука, 1965. – Т. 1.

Мои работы

10. Тимин В. А Уравнения распространения волн в различных пространствах . – URL: http://vixra.org/abs/1908.0091.
11. Тимин В. А. Преобразования галилеевых тензоров //Galilean Transformations of Tenzors . – URL: http://vixra.org/abs/1907.0546.
12. Тимин В. А. Эксперимент Майкельсона–Морли . – URL: http://vixra.org/abs/1908.0574.
13. Тимин В.А. Equation of a Wave in Galilean Space //Уравнение волны в ГП . – URL: http://vixra.org/abs/1912.0089.
14. Тимин В. А. http://vixra.org/author/valery_timin

Адрес данной работы:

15. Тимин В. А. Embedding a Wave Space in a Galilean Space//Вложение волнового пространства в ГП. URL: https://vixra.org/abs/2002.0170

E–Mail: timinva@yandex.ru