Embedding a wave space in a Galilean space

Вложение волнового пространства в ГП

Valery Timin

(March 5, 2021)

Russia, RME

In this paper, we construct a wave space in the Galilean space that is synchronized with the absolute time and space 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 и пространством 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.

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) **4–мерная волновая метрика** $ds^2 = d\varphi^2/\omega^2$,
4) **и просто 4–мерные метрика** – см. далее.

А теперь о распространении волн.

Практической физической моделью для применения (использования) этих слов и словосочетаний является неподвижная среда, в которой распространяется волна, а то, где находится эта среда, есть пустое абсолютное галилеево пространство. Само по себе эта среда не является абсолютной инерциальной системой отсчета, но для распространяющихся волн как самостоятельных сущностей это настоящее АИСО. Волна в среде в галилеевом пространстве может распространяться только с одной определенной скоростью – скоростью звука. После того, как определены волны как сущности, их можно рассматривать отдельно от ее основы, забыть о существовании материальной основы для ее существования, оставив только существенные моменты этого факта. В этом случае волна как самостоятельный объект само определяет АИСО. Несмотря на возможность самостоятельного безосновного рассмотрения существования волны, есть риск существования этой основы.

Кроме волн, в ней могут существовать и не волновые объекты, скорость движения которых не ограничена скоростью звука. Практически не используется слово "релятивистское". Это – следующий уровень абстракции самостоятельного существования волны и не является предметом этой статьи.

1. Волновое поле

В пространстве, интерпретируемой как материальная сплошная среда (далее – с.с.), возможно распространение волн. Но эта физическая интерпретация для математической абстракции не столь уж и важна.

Процесс существования волн сам по себе обладает инвариантными параметрами. Ими является фаза φ волны в произвольной точке ПВ по сравнению с фазой φ_s в начале координат:

$$\varphi = \varphi(q). \tag{1.1}$$

Процесс распространения волн также связан с определенным направлением и соответствующими параметрами. Функционально волна во времени распространяется в соответствии с гармоническим уравнением:

$$A = A_s \sin\varphi = A_s \sin\omega t = A_s \sin 2\pi n. \tag{1.2}$$

A_s – амплитуда волнового процесса,

A – текущее значение напряженности волнового процесса,

ω - эталонная частота волнового процесса.

Разность фаз непосредственно связана с количеством волн n.

Процесс распространения волн также связан с определенным направлением и соответствующими параметрами. В одномерном пространственном направлении точно также имеем:

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

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

$$r = \frac{\varphi - \varphi_s}{\omega_r}. \tag{1.4}$$

Это значит, что через фазу волнового поля $\varphi(r)$ 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.

При наличии и временной, и пространственных координат волна распространяется в соответствии с гармоническим уравнением

$$A = A_s \sin\omega\left(t - \frac{k_i}{c} r^i\right) = A_s \sin\omega\left(t - c_i r^i\right). \tag{1.5}$$

где t, r_i – координата точки волнового ПВ,

$k_i/c = c_i$ – ковариантная скорость распространения волны в соответствующем направлении,

k_i – волновой вектор (направление) процесса распространения: $|k_i| = 1$,

c – пространственная скорость распространения волны в этом направлении.

В реальности волны, определенные только во временном или пространственном направлении, не имеют большого интереса. Они представляют собой только стационарные волновые поля. Интерес представляют распространяющиеся во времени и пространстве волновые поля. Наиболее простые волны такого вида – это одномерные волны с волновым уравнением

$$A(t, r^i) = A_s \sin[\omega_t t + \omega_r r + \varphi_s].$$

При этом обе частоты – и временная, и пространственная – совпадают:

$$A(t, r^i) = A_s \sin[\omega_t (t + c_r r) + \varphi_s].$$

где c_r – ковариантная скорость распространения волны. Здесь также надо учесть и то, что эталоны длины и времени уже технически определены международными стандартами и никаким образом не связаны были с параметром скорости c_r, и они могли быть согласованы друг с другом только в эксперименте. Да и для разных волн эта скорость может быть разной. С учетом этого предыдущее уравнение должно быть записано в виде

$$A(t, r^i) = A_s \sin\left[\omega_t \left(t - \frac{r}{c}\right) + \varphi_s\right]. \tag{1.6}$$

Здесь c – контравариантная скорость распространения волны. Эта скорость говорит о том, что за за 1 ед.времени волна пройдет расстояние в c ед.длины.

Но в реальном ПВ имеется не одна пространственная координата, а целых три, и пространственная волна должна быть описана через пространственное "направление":

$$A(t, r^i) = A_s \sin[\omega_i r^i + \varphi_s]. \tag{1.7}$$

Да и координата "время" дает свой вклад, который интерпретируется как "распространение" волны в определенном направлении с определенной скоростью c_i и частотой ω_0:

$$\begin{aligned} A(t, r^i) &= A_s \sin[(\omega_0 t + \omega_i r^i) + \varphi_s] = \\ &= A_s \sin[\omega_0 (t - c_i r^i) + \varphi_s] = \\ &= A_s \sin\left[\omega_0 \left(t - \frac{c^i}{c^2} r^i\right) + \varphi_s\right]. \end{aligned} \tag{1.8}$$

где 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 – скорость распространения волны (может зависеть от направления и частоты),

(c^0, c^i) – контравариантная скорость волны,

$(c_0, c_i) = (c^0, -c^i)/c^2$ – ковариантная скорость волны,

ω_i – ковариантная частота волны.

В (1.8) фаза волны определяется как скалярное произведение двух 4-мерных векторов – частоты (ω_0, ω_i) и координаты (t, r^i). Т.е. частота и скорость волны (ω_0, ω_i) вполне собой представляют 4-мерный вектор. А само произведение векторов есть инвариант. Это со стороны математики.

Важным моментом в (1.8) является то обстоятельство, что параметры ω и c связаны определенным соотношением и определенной интерпретацией:

$$\begin{gathered}\omega_0\omega^0 + \omega_i\omega^i = 0,\\ c_0c^0 + c_ic^i = 0,\\ c_0c^0 = -c_ic^i.\end{gathered} \tag{1.9}$$

Эти соотношения говорят о том, что волны являются структурными объектами ПВ и что **в каждом направлении модуль пространственной ковариантной скорости фронта волны c^i равен скорости распространения фронта волны c**. Через них определяются параллельность и перпендикулярность волновых полей.

В приведенном определении абстрактного волнового поля каких-либо других ограничений на значения параметров (ω_0, ω_i) и (c_0, c_i) нет. Ограничения могут появиться при физической интерпретации волнового поля как материального объекта.

2. Волновая метрика в АСО

В ГП **расстояние** *dl* можно измерить, приложив линейку между двумя одновременными пространственными 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

1) напряженность волнового поля $A(t, r)$,

2) фаза $\varphi(t, r)$ волны в произвольной точке ПВ,

3) начальная фаза φ_s в начале координат и разность фаз $d\varphi$ (количество волн n) между любыми двумя точками ПВ. А также

4) фундаментальная скорость распространения волнового поля $c = |c^i|$. В отличие от математической формулировки, здесь она должна иметь единственное и фундаментальное значение, возможно – зависящее от направления распространения.

Разность фаз определяется по формуле

$$d\varphi = \omega_0 dt + \omega_i dr^i = \omega(c_0 dt + c_i dr^i). \tag{1.10}$$

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

$$\begin{gathered}\Delta\varphi = 2\pi n,\\ n = \frac{\varphi}{2\pi}.\end{gathered} \tag{1.11}$$

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. (1.8)).

На его основе возможно определение 4-мерной линейной метрики "интервал".

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

$$ds = \{g\}\frac{d\varphi}{\omega} = \\ = \{g\}\frac{\omega_0 dt + \omega_i dr^i}{\omega} = \{g\}\frac{\omega\left(c_0 dt + c_i dr^i\right)}{\omega} = \\ = \left(g_{(t)} c_0 dt + g_{(r)} c_i dr^i\right). \tag{1.12}$$

Здесь ω – частота измерительного эталонного волнового поля,

g – некоторая константа, масштабный коэффициент, необходимая для компенсации свободы выбора частоты ω и направления ее распространения. Точнее, не константа, и даже не скаляр, а – вектор, орт в направлении распространения волны. Единица измерения определенного выше интервала тогда будет: $[ds]$ = $[g]$[рад]/[1/с] = $[g]$[рад·с]. Через коэффициент g вводится единица измерения метрики направления распространения фронта волны (см. далее). Можно оставить [рад] – т.к. оставить для этого параметра наименование [метр] или [секунда] как то не логично – альтернатива "что из них выбрать в качестве единицы измерения?" кажется не разрешимой. Тогда $[g]$ = [1/с]. С другой стороны, по установившейся традиции "интервал" ds принимается за "собственное время" объекта. Тогда $[g]$ = [1/рад]. И для этого есть некоторые основания – они обосновываются СТО А.Эйнштейна. Да и в ГП при малых скоростях параметр "интервал" стремится к значению промежутка времени.

Интервал как разность фаз оказывается пропорциональным **разности фаз и обратно пропорциональным частоте** распространяющейся волны (1.8) между двумя точками. Но для этого необходимо, чтобы частота ω сама была инвариантом. Это можно обеспечить двумя способами. Первый – в галилеевом пространстве с его преобразованиями, касающимися только пространственных координат, она гарантированно не изменяется. В любой с.о. И второе - в произвольном случае галилеевых и других более общих преобразований – требует специального рассмотрения.

> **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 одного единственного волнового поля. Как известно, в ГП определяются три пространственные координаты и одна временная.

Этот **инвариант** также является функцией координат между двумя точками ПВ и в ГП не может быть измерено с помощью галилеевых линеек и часов, в силу ее 4-мерности. Ее можно назвать **линейной координатой** вдоль направления распространения волны.

3. 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 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, могут существовать аправленные волновые поля вдоль произвольных пространственных направлений:

$$A_n = \sin\left(\omega_{(n)i} r^i + \varphi_{(n)i}\right). \tag{1.13}$$

Здесь и далее n – перечислительный индекс волнового поля. 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 **Ошибка! Источник ссылки не найден.** и определив три олновых поля (1.13) – по количеству пространственных координат, 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:

$$A_n(t, r^i) = A_{ns}\sin\left[\varphi_{(n)} + \varphi_{(n)s}\right] = A_s\sin\left[\left(\omega_{(n)0}t + \omega_{(n)i}r^i\right) + \varphi_{(n)s}\right] = \\ = A_s\sin\left[\omega_{(n)}\left(c_{(n)0}t + c_{(n)i}r^i\right) + \varphi_{(n)s}\right]. \tag{1.14}$$

Имея три таких волновых поля, мы получим 4–мерное преобразование исходных координат в волновые координаты ВП с определенной эталонной частотой ω_{n0} и перенумерованные через индекс n:

$$ds_{(n)} = \frac{\omega_{(n)0}dt + \omega_{(n)i}dr^i}{\omega} = \left(c_{(n)0}dt + c_{(n)i}dr^i\right): n \in \{0..3\}, \\ dr^{\sim n} = g_{(n)}{}^n ds_{(n)}. \tag{1.15}$$

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

ω – как и в (1.12), частота измерительного эталонного волнового поля,

g_n – некоторый ~~константа~~ направляющий орт (тензор, масштабный коэффициент), необходимый для компенсации свободы выбора частоты ω в направлении ее распространения.

Четвертая координат t определяется через единую (общую) координату волнового поля эталонной частоты ω_{n0}.

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

Напомню то обстоятельство, что в (1.14) и (1.15) параметры c^i связаны определенным соотношением и определенной интерпретацией:

$$\omega_0\omega^0 + \omega_i\omega^i = 0, \\ c_0c^0 + c_ic^i = 0, \\ c_0c^0 = -c_ic^i. \tag{1.16}$$

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 данного направления в ПВ. Через них определяются параллельность и перпендикулярность волновых полей, сравнение их "метрического" соответствия для разнонаправленных волн, состояние их взаимного "движения".

Волновые уравнения (1.13) .. (1.16) в произвольном случае не гарантируют изотропность волновых метрик ds в противоположных направлениях распространения волн в пространстве-времени. Для этого их надо специально постулировать :

$$\begin{aligned} \omega^{(+)i} &= \omega^{(-)i}, \\ c^{(+)i} &= -c^{(-)i}. \end{aligned} \tag{1.17}$$

Здесь + и – указывают на противоположность направлений распространения соответствующих волн. И только тогда волновые координаты действительно будут изотропными.

Основным следствием уравнений (1.16), (1.17) является "выделенность", "абсолютность" определенного нами волнового ПВ. В ГП она выделяет АИСО (абсолютная инерциальная с.о, или абсолютное инерциальное изотропное материальное ПВ), а в СТО Эйнштейна – я бы назвал "абсолютное" релятивистское инерциальное изотропное материальное ПВ. Не ИСО как АИСО, а все пространство – целиком. Материальное – потому что время и расстояние через интервал через уравнения распространения волн. И в этом можно усмотреть "реляционность" ПВМ как единого целого. Что в галилеевом, что в СТО – в обоих случаях: материя определяет метрические свойства ПВ (время, расстояние, интервал) через факт распространения волны эталонной частоты в ней.

Остается разобраться с контра- и ковариантной векторностью полученных координат. Сами значения фазы φ_n являются скалярами. В этом сомнений быть не может. Но полученная из них координата должна обладать векторными свойствами. Для этого можно полученные четыре скалярные координаты можно умножить на соответствующие векторные "орты" g^n, в результате получим четыре векторные координаты (см. (1.15)).

$$dr^{\sim n} = g_{(n)}{}^{n} ds_{(n)}. \tag{1.18}$$

Уравнение (1.14) 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 (1.14) .

Уравнение (1.14) также одновременно выражает закон Гюйгенса для распространяющейся волны: однофазная поверхность фронта волны перпендикулярна к направлению своего распространения. Действительно, из условия постоянства фазы в плоскости фронта волны R^n следует, что изменение фазы для любого смещения dr^n в плоскости фронта волны равно нулю. Следовательно,

$$d\varphi_n = \omega_n dr_{\perp\varphi}{}^{n} = 0, \tag{1.19}$$

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:

$$\begin{aligned} d\varphi^2 &= d\varphi_n d\varphi^n, \\ ds^2 = ds_n ds^n &= \frac{d\varphi_n}{\omega}\frac{d\varphi^n}{\omega} = (c_{n0}dt + c_{ni}dr^i)(c^n{}_0 dt + c^n{}_i dr^i), \end{aligned} \tag{1.20}$$

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 известно, **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, в качестве волновых эталонов можно 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 волновых метрах (м). Можно и безразмерно.

Одного волнового процесса достаточно для определения любого промежутка времени в одной и той же 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: **для измерения расстояния подсчитываем количество периодов между двумя точками** – а она ничем не отличается от предыдущего. Но нет! Условие подсчета то же, что и по галилеевым эталонам длины – в одно и то же время. Это очень важное условие. Потому что **по этой же процедуре можно определить расстояние между любыми двумя точками. Но это будет уже не время, и не расстояние – это будет определенный ранее "интервал"**.

Получается, что время, расстояние и интервал – считаются одним и тем же способом по одной и той же процедуре. Но есть и разница – условия проведения измерения. А они разные.

4. Параметризация пространства–времени

С практической реализацией волнового пространства и использования для практических целей мы познакомились. Об этом только что прочитали. Далее встает вопрос теоретической реализации модели волнового пространства. А в пространстве имеются четыре координаты: три пространственных и одна временная. И они с т.з. человека очень и очень отличаются друг от друга: время измеряется часами, а расстояние – линейкой. Объекты в пространстве можно увидеть и посмотреть, а предметы во времени можно увидеть только в текущий момент. В прошлом и будущем они нам не доступны. Несмотря на то, что измеряются одной и той же волновой характеристикой – количеством волн между произвольными точками ПВ. Получается, они равноправны с т.з. измерения количеством волн, но с т.з. измерения н физическими эталонами – они разные.

И встает вопрос: как разделить "временную" координатную ось от пространственных из четырех взаимно независимых, но равноправных, осей координат? 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. И теоретически тоже самое – ось времени отделена от осей пространственных. И оно выражается в знаке "интервала" для соответствующих направлений. Для временных она больше нуля, а для временных – меньше нуля. И в волновом уравнении (1.8) они тоже отличаются.

Оказывается, в модельном, как и в реальном пространстве, временная ось четко отделяется от пространственных в соответствии со следующей теоремой о непрерывной функции. Посмотрев хотя бы на (1.16) или (1.6), мы видим, что в ней есть составляющие двух 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 однотипных (пространственных) вектора (как и любые две условно возможные времениподобные векторы) можно непрерывным движением совместить с любым другим таким же (пространственным или времениподобным) же вектором, не проходя через 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: $\mathbf{R}^4 = \mathbf{R}^1 \times \mathbf{R}^3$. Это – статическое определение ПВ. Можно и по другому – динамически: 3–пространство существует, движется и развивается (с материей) во времени: $\mathbf{R}^3(t)$.

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–времени? Для ГП галилеево время определяется абсолютно, а расстояние однозначно, однородно и изотропно только для одновременных точек. Но так ли в ВП? Волн типа (1.14) 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 однородной и изотропной – а может зависеть от направления. И частота может быть разная. А время и расстояние могут быть только однозначными (с точностью до выбора базисных векторов):

$$\begin{aligned} \varDelta t(O,t,r) &= \varDelta t(O,c,\omega,\varphi^t) = \frac{\Delta\varphi^t}{\omega}, \\ L(O,t,r) &= L(O,c,\omega,\varphi^r) = \frac{c\Delta\varphi^r}{\omega} : t = \text{const}, \end{aligned} \tag{2.1}$$

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 базисных ортонормированных направления, разложить вектор r^i по этим векторам и вычислить ее метрическую длину через скалярное произведение на себя:

$$\begin{aligned} L(O,r) &= \sqrt{r_i r^i} = c\sqrt{(r^i)^2} : t = \text{const}, \\ S(O,r) &= \frac{1}{\omega}\sqrt{\varphi_i\varphi^i} = \sqrt{(s^i)^2} : t = \text{const}. \end{aligned} \tag{2.2}$$

Для ГП (2.2):1 означает, что просто надо выбрать три ортогональных направления. Для ВП (2.2):2 означает создание трех взаимно ортогональных волновых поля одной и той же эталонной частоты. Ортогональность двух волновых полей означает, что направление распространения ортогональной волны происходит в плоскости фронта первой волны.

Форма (2.2) 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 (1.14) 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:

$$c_i = \frac{k^i - v^i/c}{c}, \tag{2.3}$$

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 (2.2) между точками может зависеть от направления (t = const):

$$S(O,r) = c_i s^i : t = \left(\frac{k^i - v^i/c}{c}\right) s^i. \tag{2.4}$$

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

$$S(O,r) = \left(\frac{k^i}{c} r^i - \frac{v^i}{c^2}\right) s^i = \sqrt{g_{ij} s^i s^j} - v_i s^i, \tag{2.5}$$

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

$$dS(O,ds) = \frac{k^i}{c} ds^i - v_i ds^i = \sqrt{g_{ij} ds^i ds^j} - v_i ds^i. \tag{2.6}$$

(в (2.6) есть что то очень знакомое).

Таким образом, мы получили волновое пространство и волновую метрику посредством распространяющейся в галилеевом пространстве сетки волновых полей. 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. В доказательство данного утверждения замечу: при изменении направления распространения волновых полей на противоположную расстояния могут измениться, т.к. изменятся знаки при соответствующих этой операции координатах s^i. В зависимости от этого "флага" можно построить как минимум два вида пространств. Поэтому без каких либо постулатов вложения волнового процесса и организации связи с конкретным видом пространства здесь не обойтись (замечу – процедура вложения волны в пространство "материализует" ее). Например, такие.

5. *Постулаты вложения волнового пространства в галилеево пространгство*

Уникальность волнового пространства.

1. Существует единственная (с точностью до смещений и поворотов) "покоящаяся" СО, 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 ГП.

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

$$\varphi = \omega t \to t = \frac{\varphi}{\omega}. \tag{2.7}$$

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 определяется из уравнения распространения фронта волны

$$c^2 \Delta t^2 = \Delta L^2. \tag{2.8}$$

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

В предположении, что эталонов длины не существует и измерить длины невозможно, скорость распространения волны принимается за фундаментальную физическую константу.

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

$$\lambda = \frac{c}{\omega}. \tag{2.9}$$

Через нее организована пространственная координатная сетка.

Эта постулаты предполагают, что в галилеево пространство могут быть вложены волновые процессы с различными эталонными частотами ω с одной и той же абсолютной скоростью распространения в любых направлениях в "покоящейся" системе отсчета (АИСО). Эталонная частота является абсолютным инвариантом вложения в ГП. Т.е. независимо от того, движется или не движется источник, между двумя ее генерируемыми периодами всегда проходит один и тот же промежуток абсолютного времени (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) и по ним синхронизируются галилеевы волновые часы.

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.

6. Волновое время волновое расстояния между м.о. в ГП в состоянии покоя

Промежуток времени между двумя не одновременными событиями можно измерить, прочитав показания синхронизированных абсолютных часов в начале и конце измеряемого промежутка времени (см. второй постулат). Но если галилеевых часов нет, то **подсчитать определенное количество реперных периодов эталонной волны в состоянии покоя**.

Галилеево расстояние можно определить или непосредственно с помощью галилеевых линеек. Но если галилеевых линеек нет, то можно подсчитать **количество эталонных реперных периодов** волны (см. Рисунок 2.1) между двумя одновременными точками *A* и *B* распространяющейся волны эталонной частоты. Зная скорость распространения волны *c* (или приняв ее равной единице или любой другой осознанной величине см. постулат 3), 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

$$L_{AB} = \frac{N_{AB} \cdot c_{AB}}{\omega}, \tag{2.10}$$

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

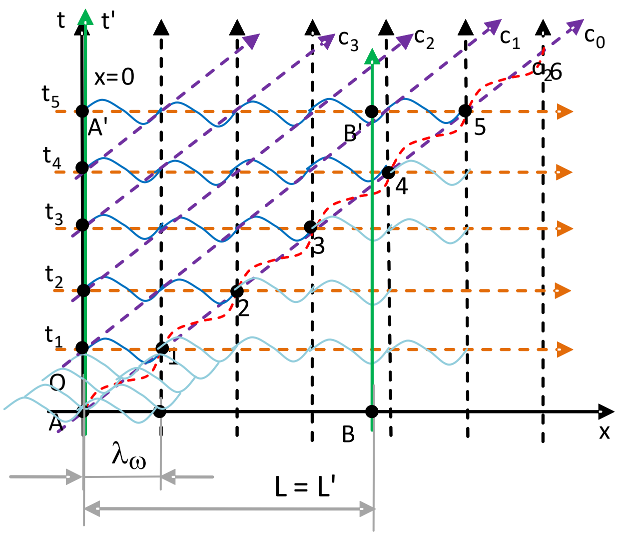

Рисунок 2.1

К расчету расстояния, частоты и длины волны от покоящегося 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.

Волновое расстояние определяется количеством уложившихся волн N_{AB} между этими же точками и эталонной частотой ω в соответствии с той же формулой (2.10). Вопросом практической реализации системы подсчета количества уложившихся волн здесь не будем заниматься, тем более, эта задача технически на Земле решена.

Еще одну возможность определения расстояния между двумя точками дает уравнение

$$L_{AB} = T_{AB} \cdot c_{AB}, \tag{2.11}$$

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

А одинаковые ли будут расстояния в обеих направлениях?

В состоянии покоя в АИСО ответ положительный в силу изотропии АИСО и условий ее выбора (см. Рисунок 2.1) и постулата 1 существования АИСО. В силу этого, и абсолютности времени (постулат 2), результат подсчета количества пространственных "волн" не будет зависеть и от скорости экспериментатора.

7. Волновое время и волновое расстояния между м.о. в ГП в состоянии движения наблюдателя

Учитывая, что экспериментатор может находиться в состоянии с любой произвольной скоростью относительно АИСО. Но встает вопрос: как это отразится на измерениях? И вообще: какими будут процедуры измерения для такого наблюдателя? Останутся ли время и расстояния между двумя точками ПВ инвариантными в единицах введенных выше абсолютных волновых эталонов в различных ИСО?

Если измерять время и расстояния с помощью абсолютных галилеевых эталонов времени и расстояния – то, конечно, да.

При измерении времени посредством волновых эталонов выявится проблема – в движущемся ИСО, в соответствии с эффектом Доплера, частота эталонного реперного сигнала от покоящегося в АИСО источника волны в ИСО наблюдателя изменится. А при использовании собственного эталонного генератора в силу этого же эффекта Доплера изменится длина волны распространяющейся волны.

В силу абсолютности времени, **результат подсчета количества пространственных реперных "волн" не будет зависеть от скорости экспериментатора**. И длина волны при этом не изменится – см. выше. Поэтому расстояния между любыми точками будут однозначно определяться количеством реперных волн эталонной частоты между этими точками. Следовательно, в качестве эталона длины можно применять эталон длины галилеева пространства – от этого ничего не изменится.

С другой стороны, в силу этой же абсолютности времени, время по часам от собственного генератора (при наличии) также не изменится. **Часовой генератор подвижного наблюдателя, синхронизированный с галилеевыми абсолютными часами, в идеале не может рассинхронизироваться.** Но длина волны от этого источника не будет синхронизирована с АИСО-шными эталонами – она будет зависеть от направления распространения, в соответствии с эффектом Доплера. Несмотря на это, в ГП для любого наблюдателя при наличии генератора имеется возможность локализации себя в АИСО. А при отсутствии реперного эталонного источника – может пользоваться собственным генератором как эталонным.

А если нет собственного генератора и синхронизированных часов – возникает необходимость синхронизации времени с реперным эталонным волновым источником времени.

8. Алгоритм синхронизации часов галилеева пространства на основе волновых эталонов

При измерении волнового расстояния между двумя точками 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 (2.12), и в релятивистском (не галилеевом) смысле, что выражается уравнением **Ошибка! Источник ссылки не найден.** (см. далее). Здесь рассмотрим галилеев случай синхронизации часов с помощью волновых эталонов.

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 при галилеевых преобразованиях координат "пространство" одновременности не изменяется, следовательно, и координата "время" также не изменяется:

$$t' = t. \tag{2.12}$$

Как уже было отмечено выше, в ГП синхронизация часов определяется автоматически – простой однократной сверкой часов (показаний и скорости хода) при перемещении между ними. Но повторю – часы эти должны быть специальными – галилеевыми, которые легко заменяются часами на основе генератора эталонной частоты. 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[1].

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 есть не синхронизированные галилеевы часы и мы со своими волновыми часами находимся в АИСО ГП. 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.
3. Если известно расстояние Δr и время прохождения сигнала критично, то вычисляем коррекцию часов на величину Δt:

   $$\Delta t = -\frac{\Delta r}{c}. \tag{2.13}$$

   Данный алгоритм позволяет непротиворечиво синхронизировать часы во всем пространстве любых наблюдателей .
4. Далее необходимо синхронизировать скорость хода часов наблюдателя B. Для синхронизации показаний покоящихся в АИСО часов выполненного выше алгоритма вполне достаточно, если используются одни и те же принципы и (механизмы) функционирования часов с одним и тем же ходом 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:

[1] Но более точные эксперименты показали, что это условие они не всегда обеспечивают. И эти ошибки не укладываются в ошибки эксперимента.

$$k_B = -\frac{\Delta t_э}{\Delta t_B}. \qquad (2.14)$$

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*. Операций с сигналом от реперного источника недостаточно – в уравнении (2.14) не хватает параметра Δt. Это называется синхронизацией сигналом, распространяющимся "туда и обратно".

1. Наблюдатель *B* посылает сигнал запроса времени к наблюдателю *A*, при этом включает свой таймер (см. Рисунок 2.2).
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:

$$\Delta t' = -\frac{\Delta t}{2}. \qquad (2.15)$$

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 (2.14).

Формулы (2.15) и (2.14) 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* …":

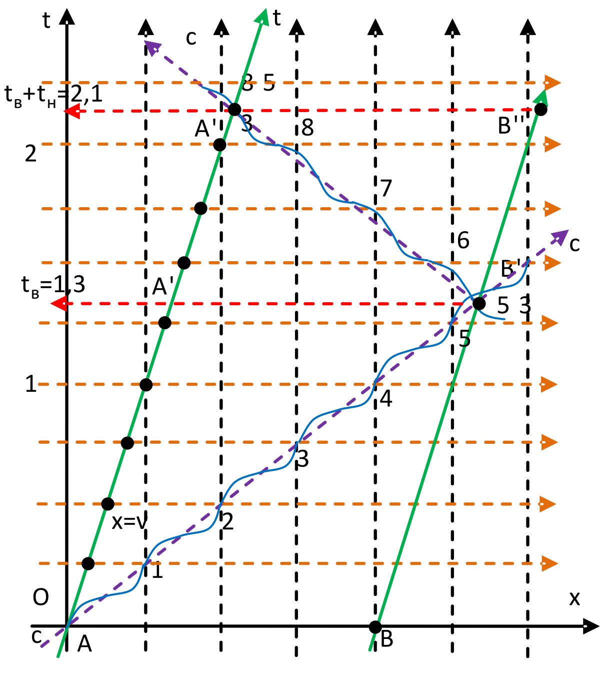

Рисунок 2.2

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

$$\begin{cases} \Delta t_{BA} = \dfrac{AB}{c}, \\ \Delta t_{AB} = \dfrac{BA + v(\Delta t_{BA} + \Delta t_{AB})}{c} \end{cases} \to$$

$$\Delta t_{AB} = \frac{BA + v\left(\frac{AB}{c} + \Delta t_{AB}\right)}{c} \to$$

$$\Delta t_{AB} - \frac{v\Delta t_{AB}}{c} = \frac{BA + v\frac{AB}{c}}{c} = BA\frac{1+\frac{v}{c}}{c} \to \tag{2.16}$$

$$\boldsymbol{\Delta t_{AB}} = \frac{BA\frac{1+\frac{v}{c}}{c}}{1-\frac{v}{c}} = \boldsymbol{\frac{BA}{c}\frac{c+v}{c-v}}.$$

$$\boldsymbol{\Delta t_{BAB}} = \frac{AB}{c} + \frac{BA}{c}\frac{c+v}{c-v} = \frac{BA}{c}\left(1 + \frac{c+v}{c-v}\right) =$$

$$= \frac{BA}{c}\left(\frac{c-v+c+v}{(c-v)}\right) = \boldsymbol{\frac{2BA}{c-v}}.$$

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

Δt_{BAB} – время распространения сигнала от B до A и обратно. Именно она измеряется наблюдателем B. Зная ее и Δt_{AB} по формуле (2.16):4, мы можем найти и точную коррекцию часов наблюдателя B:

$$\Delta t_2 = \Delta t_{AB} = \frac{1}{2}\Delta t_{BAB}(c+v). \tag{2.17}$$

$\Delta t_2 = \Delta t_{AB}$ – точная коррекция времени часов наблюдателя B по времени движения сигнала "туда и обратно"[2]. Несмотря на то, что в (2.16), (2.17) есть неизвестный параметр – расстояние AB, в результате синхронизации оно не скажется, т.к. нам важны не сами формулы (2.16), а измеренный результат (2.16):6 и скорость v движения наблюдателя.

Также, как и в первых двух случаях, необходимо провести дополнительно синхронизацию скорости хода часов наблюдателя B (2.14).

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.

[2] В реальном галилеевом пространстве с абсолютными временем, расстоянием и волновыми процессами, синхронизируемыми абсолютным временем.

Сокращения и другие соглашения

(*)
А – абсолютное,
В – время, волновое,
Г – галилеево,
И – инерциальное,
К – координаты, квантовая, классическая,
М – механика, метрическое, материя,
Н – ньютоново, неинерциальная,
О – отсчета, относительности, общая,
П – пространство,
Р – релятивистская,
С – система, специальная,
Т – теория, тензоры,
У – условный,
Ф – физика,
Ч – частная,
~ –(индекс) обозначает волновой параметр,
|| – (индекс) параллельный, продольный,
⊥ – (индекс) перпендикулярный, поперечный.

АПВ – ПВ с абсолютным временем и пространством.
АСО (АИСО) – абсолютная (инерциальная) система отсчета,
ВП – волновое пространство,
ГП – галилеево пространство,
ГПТК – линейные преобразования тензоров и координат,
ГВП – галилеево волновое пространство,
ИСО – инерциальная система отсчета – координатная с.о., полученная из исходного ортонормированным ЛПТК,
КМН – классическая механика ньютонова,
ЛПТК – линейные преобразования тензоров и координат,
МГП – метрическое галилеево пространство,
МП – метрическое пространство,
ПВ – пространство–время,
ПВМ – пространство–время–материя,
ГПВ – галилеево пространство–время,
ПТК – преобразования тензоров и координат.
СК, с.к. – система координат,
См. – смотри,
СО, с.о. – система отсчета,
СТО – специальная теория относительности,
(и)т.д. – (и) так далее,
(и) т.п. – (и) тому прочие,
в т.ч. – в том числе,
т.з. – точка зрения,
т.[Идентиф.точки] – точка.[Идентиф.точки],
м.о. – материальный объект,
с.с. – сплошная среда,
См. – смотри [далее],
УАИСО – Условная Абсолютная ИСО,

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.

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. 74
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: 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 // Полный текстURL: PDF файл (899 kB) (дата обращения: 05.07.2019).
7. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. 1. М. :Наука, 1965. [Einstein A Ann. Physik 322 891 (1905)]
8. ЧепикА. М. Сходство и различие СЭТ и СТО. [Электронный ресурс] //URL: http://redshift0.narod.ru/Rus/Stationary/Absolute/ Absolute_Principles_4.htm(дата обращения: 16.07.2019). // Нижний Новгород, e–mail: redshift0@narod.ru.
9. Tangherlini F R "The velocity of ligh in uniformly moving frame", Ph D Thesis (Stanford: Stanford Univ., 1958)]
10. Timin Valery. Two–way Wave Metrics of Galilean Space. Двусторонние волновые метрики ГП. [Электронный ресурс] // URL: https://viXra:2008.0186viXra:2008.0186 (Дата загрузки: 2020-08-24 20:54:29).
11. Тимин В. А. Метрики галилеева пространства. [Электронный ресурс] //Metrics Galileia Space. URL: http://vixra.org/abs/1907.0545.
12. Тимин В. А. Преобразования галилеевых тензоров. [Электронный ресурс] //Galilean Transformations of Tenzors, URL:http://vixra.org/abs/1910.0602 .
13. Тимин В. А.Уравнения распространения волн в различных пространствах. [Электронный ресурс] // URL: http://vixra.org/abs/1908.0091.
14. Тимин В. А. Эксперимент Майкельсона–Морли. [Электронный ресурс] // URL: http://vixra.org/abs/1908.0574.

Все мои работы в VIXRA.ORG:

15. Тимин В. А. Все работы.URL: http://vixra.org/author/valery_timin.

E–Mail: timinva@yandex.ru.