

Appendices to works on Galilean space

Приложения к работам о галилеевом пространстве

Valery Timin

Creative Commons Attribution 3.0 License

(December 20, 2020)

Russia, RME

This work is used as a General application for other works on wave propagation in Galilean space.

The main task of this work is to solve General questions related to the propagation of waves in Galilean space. When considering this issue, it is assumed that the source of the wave is not a point object that propagates a spherical wave, but is the source of a monochromatic wave that fills the entire space. It is also assumed that the time of the wave source and distance are synchronized with the time and distance of the Galilean space.

Оглавление

1. Приложения к работам о галилеевом пространстве.....	2
1. Что такое Наблюдатель в физике	2
2. Эталон	4
3. Свойства эталона	5
4. Выбор модельного пространства	6
Сокращения и другие соглашения.....	8
Литература.....	9

1. Приложения к работам о галилеевом пространстве

Эта работа используется как общее приложение для других моих работ, посвященных распространению волн в галилеевом пространстве.

Главной задачей этой работы является решение общих вопросов, связанных с распространением волн в галилеевом пространстве. При рассмотрении данного вопроса предполагается, что источник волны не является точечным объектом, распространяющим сферическую волну, а является источником заполняющей все пространство монохроматической волны. Также предполагается, что время источника волны и расстояния синхронизированы с временем и расстоянием ГП.

В работе очень часто используется слово "галилеево". Именно это слово – пожалуй, главное в этой работе. Галилеево пространство, галилеев эталон, галилева метрика. Практической физической моделью для применения (использования) этих слов и словосочетаний является неподвижная сплошная (воздушная, жидкая, твердая, эфир) среда – АСО, в которой распространяется волна, а то, где находится эта "воздушная" среда, есть пустое абсолютное галилеево пространство. Само по себе эта среда не является АСО, она может находиться в состоянии произвольного движения в ГП. Но для распространяющихся волн как самостоятельных сущностей при вложении в галилеево пространство это настоящее галилеево АСО.

Волна в сплошной среде (АСО) ГП 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. Ими являются частота и скорость распространения волны. В этом случае волна как самостоятельный объект само определяет АСО. Кроме волн, в ней могут существовать и не волновые объекты, скорость движения которых не ограничена скоростью звука. Но в данной работе они не рассматриваются.

Практически не используется слово "релятивистское". Это – следующий уровень абстракции самостоятельного существования волны.

1. Что такое Наблюдатель в физике

В академическом словаре <https://dic.academic.ru/.../наблюдатель> "Кто такой наблюдатель?" растолковывается так:

Наблюдателем называют того, кто следит глазами за кем–либо или чем–либо, смотрит что–либо.

Наблюдателем называют того, кто профессионально следит за текущими событиями, чтобы дать им оценку и предсказать, что может произойти в будущем.

Наблюдатель — это человек, которого посылают наблюдать за каким–либо важным событием или ситуацией, особенно для того, чтобы проследить за тем, чтобы всё прошло как нужно.

Наблюдатель (исследователь, лаборант, экспериментатор и т.д.) в физике в широком бытовом смысле является человеком, окруженным приборами для измерения (возможно, описания) параметров физического эксперимента или результатов другого типа

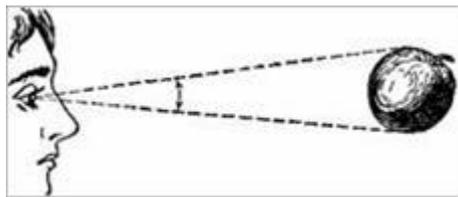


Рисунок 1.1

Вы думаете – это наблюдатель? Конечно – да. Но в физике Наблюдатель – это не обязательно "смотрящий", "наблюдающий", "присматривающий" человек.

деятельности. Здесь наблюдатель вместе с приборами есть достаточно компактный ограниченный в размерах объект *homo sapiens*, регистрирующий результаты поставленных им экспериментов и интерпретирующий ее. И эта роль наблюдателя практически совпадает с вышеприведенным определением. Но почему "Кто"? Посмотрите на рисунок [Рисунок 1.1](#). Данный рисунок вполне оправдывает вышеприведенные "бытовые" определения.

Но в физике это соответствует очень ограниченному подходу к пониманию того, что такое "наблюдатель". Такой "наблюдатель", конечно,

является "КТО" и в силу ограниченной скорости и объема получения информации получает "искаженную" информацию. В частности, при изучении законов, развертывающихся в ИСО, "точечный" исследователь получает информацию не из ИСО, а из некоторого "изотропного" "видимого конуса одновременных для него событий". А это вовсе не ИСО. И здесь возможны проявления некоторых парадоксов. Например, возьмем эффект Доплера. При приближении источника света (или звука – что привычнее и более знакомо большинству людей) к наблюдателю частота получаемого сигнала повышается, при удалении – понижается. Некоторые "разумные наблюдатели" всерьез, реально интерпретируют это как реальное "ускорение и замедление скорости течения времени", путая и противопоставляя ее релятивистскому замедлению времени в движущихся ИСО. "Релятивистскому" означает при большой, приближающейся к скорости света, скорости движения тела.

Для меня "наблюдатель" – это само пространство с его абстрактной математической структурой и обобщенным познающим разумом, в которое входит как минимум система координат (или система отсчета) с определенными в ней (вложенными или неразрывно связанными с ней) изучаемыми "материальными" объектами, с "метрикой", определяющей их взаимодействие и движение, и, конечно, *homo sapiens* – тот, кто все это познает. А эффект Доплера не просто эффект по отношению к ограниченному бытовыми видимыми воочию смыслами наблюдателю, а эффект глобальный для всего пространства в целом и не заканчивающийся описанным выше эффектом. И в то же время в этом видимом эффекте также заключается его смысл.

В классической физике понятие "наблюдатель" практически не используется. Или он соответствует вышеприведенным определениям. Это связано с тем, что в ней роль наблюдателя тривиальна и практически соответствует ее бытовому понятию. Пожалуй, впервые понятие нетривиального "наблюдателя" появилось в мысленных (и не только) экспериментах и объяснениях теоретических положений специальной теории относительности Эйнштейна. Это связано с нестандартным, не бытовым взглядом на ее результаты. Многие положения прямо противоречат бытовым взглядам на эти же положения в классической механике. Например, на понятия одновременности и одноместности, относительность времени и пространства, массы и энергии и т.д. В ней понятие "наблюдатель" более соответствует ее эквивалентности некоторому ИСО, чем точечному объекту. Хотя картинки рисуют с образами "человека" или его "глазами".

Но больше всего и очень не тривиально понятие "наблюдатель" используется в квантовой механике. И это связано с существенным в квантовой механике моментом – влиянием "наблюдателя" с его "экспериментальными установками" на сам процесс, который они исследуют. По основной парадигме квантовой механики – что система может находиться одновременно в нескольких взаимоисключающих состояниях – в результате

эксперимента получается вполне конкретный, и только один из возможных, результат. Дальнейшее исследование, продление эксперимента, невозможно в силу уничтожения свободного невозмущенного развития системы в результате измерения. Возможно только повторение эксперимента и получение статистически распределенной информации о возможных исходах эксперимента.

2. Эталон

Эталон – это средство, с помощью которой производится количественное сравнение сравнимых объектов физической реальности (см. [Рисунок 1.2](#)).



Все, что мы видим, слышим, ощущаем, в соответствии с нашим опытом можно измерить. Есть различные измеримые свойства: расстояния линейное и угловое, размеры, промежутки времени, скорость, вес (масса) тела, сила и сопротивление, громкость и частота звука, цвет светового излучения и т.д. Причем эти свойства обладают свойством математической упорядоченности и по отношению к конкретным объектам обладают свойством инвариантности (или по другому – повторяемости). Свойство упорядоченности позволяет сравнивать различные объекты между собой.

Таким образом, свойством нашего пространства, времени и материальных объектов (материи) является их сравнимость и на этой основе – измеримость. Абстрактно это говорит о том, что равные везде равны друг другу, и отношение "больше – равно – меньше" является инвариантом. Это говорит о том, что, например, атомы одного и того же вещества везде имеют один и тот же размер и в одной и той же области пространства–времени атомы одного и того же вещества не могут отличаться друг от друга. И даже более: любые два атома одного и того же вещества в любой точке пространства–времени сравнимы и одинаковы. В квантовой механике даже тождественны.

Измерение происходит с помощью эталонов. Эталоны – это материальные объекты, с помощью которых производятся сравнения и измерения. Но сказать, что измерения параметров одних и тех же материальных объектов в разных точках пространства–времени с помощью произвольных эталонов даст один и тот же результат, нельзя. Если эталон выполнен из материи с теми же свойствами, что и измеряемый объект, результат будет одинаковым. Такое соотношение между свойствами эталона и вещества говорит о том, что материя все же может быть вторична, хотя единство "пространство–время–материя" в некоторых аспектах может и сохраниться. Например, если физически доступные эталон и материя обладают одинаковыми свойствами, свойство ее вторичности окажется недоступным для измерения.

Следствием сравнимости и измеримости является метричность пространства–времени. Эта понятие включает в себя три пространственных и одно временное направление. И метрические свойства этого пространства–времени тесно связаны со свойствами той материи, которую приняли в качестве эталона. Пространственная метрика – это метрика, связанная с размерами атомов и межатомными расстояниями в объемных объектах, состоящих из них. Метрика времени связана с периодическими процессами, в которых

участвуют эти же атомы и объекты, из которых они составлены. Если свойства двух эталонов отличаются друг от друга, то и полученная с их помощью метрика пространства–времени–материи будет различной.

Существующие в настоящее время эталоны связаны со скоростью распространения фундаментальных взаимодействий, в частности, со скоростью распространения электромагнитных взаимодействий, в которой постулируется постоянство скорости ее распространения в вакууме. Эта скорость по определению в точности равна 299 792 458 м/с точно. Другая фундаментальная метрическая константа – это единица времени "секунда". Ее величина устанавливается фиксацией численного значения частоты сверхтонкого расщепления основного состояния атома цезия–133 при температуре 0 К равным по определению в точности 9 192 631 770. И третья фундаментальная метрическая константа – это единица массы "килограмм". Килограмм есть единица массы, равная массе международного прототипа килограмма в соответствии с 3–ей Конференцией по мерам и весам (1901г).

Замечание: в теоретической физике эталоном может выступать некое абстрактное математическое пространство, в которое вложена модель физического пространства. Но для этого свойства математического пространства должны соответствовать свойствам реального эталона. Минимум – метрическое соответствие. Область применения – теоретические модели и их практические применения. Примеры – евклидово пространство, пространство Минковского, риманово пространство.

Данные трактовки эталонов в соответствии с ОТО допускают, что метрика пространства–времени вполне может быть не евклидовым и даже может иметь очень сложную топологическую структуру с дырками, туннелями и другими "неоднородностями". И при этом оставаться (или не оставаться) локально однородным и изотропным.

В связи с этим можно выделить два вида эталонов – **математический** (или **теоретический**) и **физический** (или **практический**).

3. Свойства эталона

1) Параметры, измеримые с помощью эталонов, должны обладать **свойством аддитивности** (интегрируемости). Для параметра длины это означает, что путем прикладывания нескольких эталонов или использования "линейки со штрихами" можно определить длину линейного объекта, не равного эталону. Соответственно для других эталонов существуют свои "линейки".

Геометрическими объектами модели физического пространства являются векторы и тензоры, проекции векторных параметров на направления (временное и пространственное) и их длина, а также площади и объемы, построенные на векторах. Через них определяется геометрия пространства. Материальные объекты сравниваются через их геометрические параметры и параметры силового взаимодействия их между собой, переведенные на язык математики. Материальные и геометрические структуры взаимосвязаны.

2) Наличие эталона предполагает, что при любых ее движениях, в т.ч. допустимых движениях с поворотом, **эталон не изменяется и после перемещения в конечное положение** при любом порядке перемещения с поворотами и без них эталон совмещается с другим эталоном, перемещавшимся другим путем. Это свойство эталона должно обеспечиваться законами природы. Считается, что эталоны одни и те же и на Земле, и на Солнце, и в любом другом месте Вселенной во все времена (в том смысле, что простым перемещением их можно совместить).

Замечание. Однонаправленность течения времени вносит свои коррективы в свойства эталона: мы ничего не можем сказать о том, что случится, если эталон перемещать обратно во времени.

3) Существование эталонов также предполагает, что **Пространство должно обладать дискретными свойствами**, т.е. должны существовать дискретные решения материальных уравнений пространства и времени. Это предполагает существование постоянных или инвариантных, неизменных материальных объектов и/или периодических процессов. А это может предполагать также наличие в законах природы нелинейности – нелинейного пространства или нелинейных полей взаимодействия материи. Или свойства пространства и времени заранее должны быть проквантованы, как в квантовой механике, т.е. уже квантовые объекты должны обладать линейными (не обязательно) уравнениями состояния. Дискретные объекты могут быть определены и как топологические особенности пространства.

4) Понятия "наблюдатель" и "эталон" накладывают определенные ограничения на изучение Пространства. Изучать физическое пространство можно только методом сравнения средствами самого этого пространства, с помощью физических объектов (эталонов) этого пространства, и **пространство должно обладать свойствами, позволяющими эталонам быть эталонами**. Для этого пространство должно быть в определенном смысле однородным и изотропным. Это свойство позволяет совмещать эталон с объектами и производить измерения параметров объекта в различные времена в различных точках пространства и различно ориентированных в ней.

Расстояние между любыми двумя точками ГП можно измерить, приложив галилеевы линейки между этими двумя точками в одно и то же галилеево время, а время – с помощью галилеевых часов (устройство этих эталонов не является задачей этой работы). Основное свойство эталонов – при любом движении из произвольной точки *A* в произвольную точку *B* эталон не изменяет своих свойств, совмещаясь с другими (такими же) эталонами, прошедшими другими путями. Основное свойство галилеевых эталонов – независимость их параметров от скорости с.о., в которой они используются. Основное свойство ГП – абсолютность времени инвариантность "плоскости" одновременности, что выражается в неизменности координаты "время" при галилеевых преобразованиях координат.

4. Выбор модельного пространства

Практической физической моделью для применения (использования) этих слов и словосочетаний является неподвижная сплошная (воздушная, жидкая, твердая) среда, в которой распространяется волна, а то, где находится эта "воздушная" среда, есть пустое абсолютное галилеево пространство. Само по себе эта среда не является абсолютной инерциальной системой отсчета (АИСО), но для распространяющихся волн как самостоятельных сущностей при вложении в галилеево пространство это настоящее галилеево 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. Галилеево пространство с вложенной в нее АИСО допускает определение параметров АИСО с использованием волновых эталонов.

Физическое модельное пространство ВП – сплошная среда со свойствами абсолютности АИСО, в котором распространяются гармонические волны. Физически уравнение **Ошибка!**
Источник ссылки не найден.

$$A(t, r^i) = A_s \sin\left(t - \frac{c^i r^i}{c^2}\right) = A_s \sin(t + c_i r^i)$$

(см. далее) выражает закон распространения волны в пространстве–времени с АИСО.

Модельное математическое пространство, в котором все это определяется – галилеево пространство с выделенным АИСО. Вопрос о возможных значениях волновых параметров (c_0 , c_i) решается просто: предельные ограничения на c_0 и c_i должны сниматься – иначе теряется смысл введения гармонического уравнения [Ошибка! Источник ссылки не найден.](#), т.к. уравнение [Ошибка! Источник ссылки не найден.](#) вырождается. Параметры c_0 , c_i фактически определяют метрику пространства–времени в волновых единицах – количество эталонных волн частотой 1 Гц на единицу координатной оси t и пространственного направления, соответствующего направлению распространения.

Дополнительным условием могло бы быть снятие ограничения единственности скорости c в произвольном направлении. Это означает, что в этом направлении могли бы быть организованы множество волн с различной скоростью распространения. Но снятие такого ограничения либо вообще приводит к снятию вопроса построения ВП – к чему мы стремимся, либо к выбору приоритетного из всех c . К тому же есть способы логически безупречного обхода этого выбора. Оно заключается в дополнении пространственных направлений дополнительными "виртуальными", "невидимыми" для макроразмерной физики координатными направлениями. В современной физике эти направления могут быть циклическими с очень малыми радиусами. Возможны и другие интерпретации, маскирующие эти дополнительные направления, например, "бранные" или потенциальные.

В ортонормированной синхронизированной со скоростью распространения фронта волны с.к. $c_0 = |c_i| = c = 1$. Такой с.о. является АИСО, синхронизированное по эталонам с волновым АИСО. В случае произвольной параметризации ПВ оно может быть не нормированным, и не только в этом случае – но и при переходе просто в другое ортонормированное галилеево ИСО. При переходе в другое ИСО, как известно, наблюдается эффект Доплера.

С т.з. математики уравнение [Ошибка! Источник ссылки не найден.](#) есть скалярная функция от координат ПВ, а в качестве параметра скалярной функции имеем скалярное произведение некоторого вектора – вектора направления распространения $2\pi\omega(c_0, c_i)$ на координаты точки ПВ плюс произвольная начальная фаза, что представляет скалярную фазу гармонической функции. Раз это скалярное произведение, то у него есть метрический тензор, и операции поднятия – опускания индекса. Раз мы имеем в виду галилеево пространство, то разрешены только галилеевы преобразования координат. Раз мы в ней ввели метрику – то это галилеево метрическое пространство. В дополнение к своим метрикам – "промежуток времени" и 3–мерное "расстояние". В метрическом ГП метрический тензор и другие тензоры преобразуются по правилам преобразования тензоров галилеева пространства. И в ней определена операция поднятия–опускания индексов тензоров и скалярного произведения с использованием этого метрического тензора.

Волновые эталоны являются однородными и изотропными. И это свойство выполняется автоматически: длина волны эталона, измеренная в любом направлении, равна самой себе, при любых движениях, перемещениях и преобразованиях координат. То же самое относительно скорости распространения волны c . Даже если они на самом деле не изотропны и не однородны с т.з. других видов эталонов. Для появления не изотропности и не однородности необходимо "измерять" волновые параметры какими то другими, не волновыми, эталонами. Примером не изотропного ПВ для волны является ГП: галилеева

скорость волны в ней подчиняется галилееву правилу закона сложения скоростей и скорость волны в разных ИСО в разных направлениях (в т.ч. противоположных) может быть различной.

Это свойство может генетически переходить и к ВП и проявляться в ее свойствах. Например, волновой эталон длины в ИСО ГП является направленным эталоном, зависимым от направления распространения волны. Но есть способ проверки не изотропности для противоположных направлениях вектора распространения собственными волновыми эталонами: сравнить эталоны длины в двух противоположных направлениях наложением (или по координатно) и подсчетом количества волн между выделенными точками. Это свойство позволяет выявить волновое АИСО. Для исключения таких альтернативных возможностей можно считать ПВ изотропным, однородным хотя бы в одной, выделенной с.о. – АИСО, в котором $c = 1$ в любом направлении.

Уравнение **Ошибка! Источник ссылки не найден.** означает, что частота ω является универсальным параметром волны, определяющим взаимную скорость изменения волнового процесса во времени, c – универсальная фундаментальная скорость, параметр c_i – ковариантная скорость ее распространения во всех возможных направлениях. В связи с тем, что все эти параметры включаются в обобщающий их ковариантный векторный параметр $2\pi\omega(c_0, c_i) = (2\pi\omega c_0, 2\pi\omega c_i)$, все они могут изменяться при переходе в другое ИСО по правилам преобразования векторов.

Преобразования координат r^i и (любых) векторов c^i и c_i в ГП производятся в соответствии с формулами

$$\begin{cases} t \rightarrow t, \\ r^i \rightarrow r^i - v_{\Pi}^i t. \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} c^0 \rightarrow c^0, \\ c^i \rightarrow c^i - v_{\Pi}^i c^0. \end{cases}$$

$$\begin{cases} c_0 \rightarrow c_0 + c_i v_{\Pi}^i, \\ c_i \rightarrow c_i. \end{cases}$$

где v_{Π}^i – скорость новой ИСО относительно исходной. Волновые частота ω и фаза φ также преобразуются по особым правилам.

Сокращения и другие соглашения

<p>(*)</p> <p>А – абсолютное,</p> <p>В – время, волновое,</p> <p>Г – галилеево,</p> <p>И – инерциальное,</p> <p>К – координаты, квантовая, классическая,</p> <p>М – механика, метрическое, материя,</p> <p>Н – ньютоново, неинерциальная,</p> <p>О – отсчета, относительности, общая,</p>	<p>АПВ – ПВ с абсолютным временем и пространством.</p> <p>АСО (АИСО) – абсолютная (инерциальная) система отсчета,</p> <p>ВП – волновое пространство,</p> <p>ГП – галилеево пространство,</p> <p>ГПТК – линейные преобразования тензоров и координат,</p> <p>ГВП – галилеево волновое пространство,</p> <p>ИСО – инерциальная система отсчета – координатная с.о., полученная из исходного ортонормированным ЛПТК,</p> <p>КМН – классическая механика ньютонова,</p>
---	---

<p>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.</p>	<p>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. (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,</p>
---	--

- 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. Аквис 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 текст URL: [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.