

<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2020-2-81-89>  
УДК 621.74

Поступила 21.04.2020  
Received 21.04.2020

## ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ: ХРОНОГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБРОСКИ

И. О. САЗОНЕНКО, В. И. САЗОНЕНКО, г. Могилев, Беларусь. E-mail: sazenenko2@mail.ru

*На основе простейших представлений рассмотрены вопросы релятивистской компактификации систем отсчета при относительном виртуальном движении, не локальности псевдосистем отсчета мировых констант и тезиса Шредингера о полноте общего и не полноте частного.*

**Ключевые слова.** Системы отсчета, виртуальное движение, компактификации, не локальность, псевдосистем отсчета, мировые константы.

**Для цитирования.** Сазоненко, И. О. Относительность: хроногеометрические наброски / И. О. Сазоненко, В. И. Сазоненко // *Литье и металлургия*. 2020. № 2. С. 81–89. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2020-2-81-89>.

## RELATIVITY: CHRONOEOMETRIC DRAWINGS

I. O. SAZONENKO, V. I. SAZONENKO, Mogilev, Belarus. E-mail: sazenenko2@mail.ru

*Based on the simplest representations, questions of relativistic compactification of reference systems with relative virtual motion, non-locality of pseudo-reference frames of world constants and Schrödinger's thesis on the completeness of the general and incompleteness of the particular are considered.*

**Keywords.** Reference systems, virtual motion, compactifications, non-locality, pseudo-reference systems, world constants.

**For citation.** Sazonenko I. O., Sazonenko V. I. Relativity: chronoeometric drawings. *Foundry production and metallurgy*, 2020, no. 2, pp. 81–89. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2020-2-81-89>.

Если Вам доводилось читать знаменитую Эйнштейновскую работу 1905 г. «К электродинамике движущихся тел», возможно Вы обратили внимание на формулировку принципа относительности [1]: «*1. Законы, по которым изменяются состояния физических систем, не зависят от того, к которой из двух координатных систем, движущихся относительно друг друга равномерно и прямолинейно, эти изменения состояния относятся*». Дело в том, что этот принцип базируется на законе инерции Галилея-Ньютоновой механики, известном нам со школьной скамьи и звучащий следующим образом [2]: «*тело, достаточно удаленное от других тел, пребывает в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения*», т. е. по определению, этот закон охватывает больший спектр явлений.

Причина, по которой была «урезана» исходная формулировка закона инерции Галилея-Ньютона, с нашей точки зрения, вызвана чистым прагматизмом. В упоминаемой работе Альберт Эйнштейн для вывода преобразований Лоренца воспользовался монадным методом задания систем отсчета, отбросив из-за «неудобства» хроногеометрию. Напомним, что система отсчета, в которой происходит регистрация приходящих световых сигналов, получила название хроногеометрия. Соответственно случай, рассматривающий континуум наблюдателей, т. е. основанный на конгруэнции временно-подобных мировых линий, назван монадным методом [3].

Следуя духу хроногеометрии, вполне логично предположить, что некоторые эффекты частной теории относительности (ЧТО) имеют право на существование вне относительного движения, т. е. должны наблюдаться в неподвижных системах отсчета. В ЧТО (выражаясь терминами механики) присутствуют кинематические и динамические эффекты. К кинематическим эффектам можно отнести относительную одновременность и сокращение длины. В отличие от динамического эффекта, связанного с различием хода часов в неподвижной и движущейся системах отсчета (при последующей сверке часов выявляется «деформация» времени), они не сопровождаются какой-либо впоследствии

обнаруживаемой «деформацией». Вследствие этого эффекты относительной одновременности и сокращение длины должны рассматриваться и в неподвижной системе отсчета (рис. 1). На рис. 1, а показано, что для левого наблюдателя момент зажигания спички в точке А предшествует аналогичному событию в точке В (свет из этой точки доходит до него позже, чем из точки А). Правый наблюдатель видит противоположную последовательность событий. Соответственно средний утверждает, что события в А и В одновременные. Из рис. 1, б видно, что, рассматривая мерный отрезок под некоторым углом, его «видимость» в соответствии с законами проективной геометрии уменьшится, и он будет «выглядеть» короче, чем исходный не повернутый.

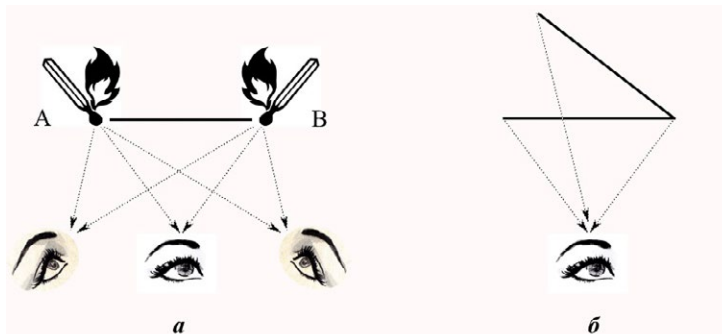


Рис. 1. Пример кинематических эффектов относительной одновременности событий и сокращения длины в неподвижной системе отсчета

(сюжет «Спички» с сайта <https://publicdomainvectors.org/en/burning>, сюжет «Глаз» с сайта <https://yandex.by/collections/card>)

Интуитивно, понятие относительной одновременности для состояния покоя вполне себе представимо. А вот лоренцево сокращение длины для состояния покоя в представленном выше виде вроде должно выглядеть как-то надуманно. Но, как ни странно, это не совсем так. Аналогичным образом в ЧТО объясняются возможные наблюдения метаморфоз движущегося куба [4] (рис. 2). Данное представление основано именно на восприятии наблюдателем движущегося куба как «повернутого» (правая часть рис. 2).

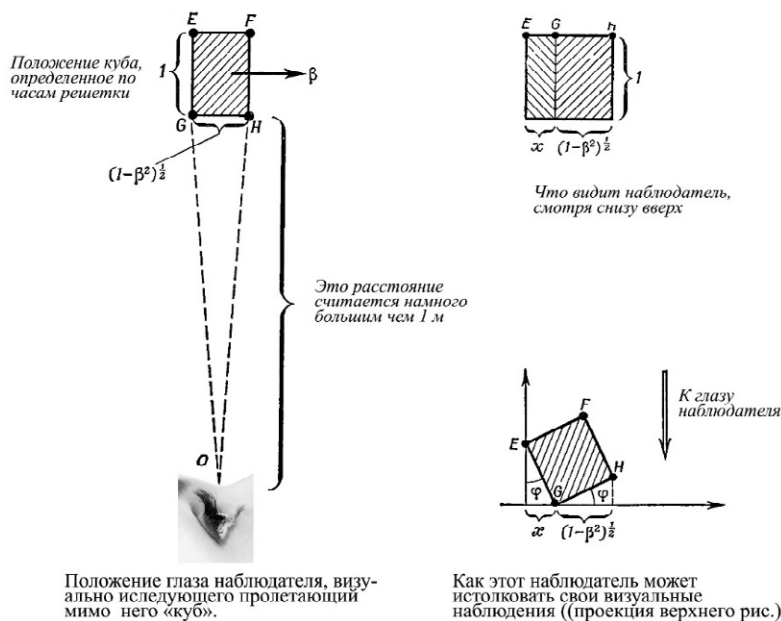


Рис. 2. Пояснения к наблюдению движущегося куба (сюжет из книги Э. Тэйлора и Дж. Уилера «Физика пространства-времени»)

Вернемся к правой части рис. 1 и рассмотрим его в более расширенной версии возможных наблюдений (рис. 3), где представлены случаи лоренцевого сокращения движущегося стержня, повернутый неподвижный стержень, а также удаленный стержень.

Сопоставление этих случаев между собой навело нас на следующее предположение. Если воспользоваться условием наблюдения в ящике Эйнштейна [2] – «не выглядывать из него», то три этих случая для наблюдателя будут эквивалентными.

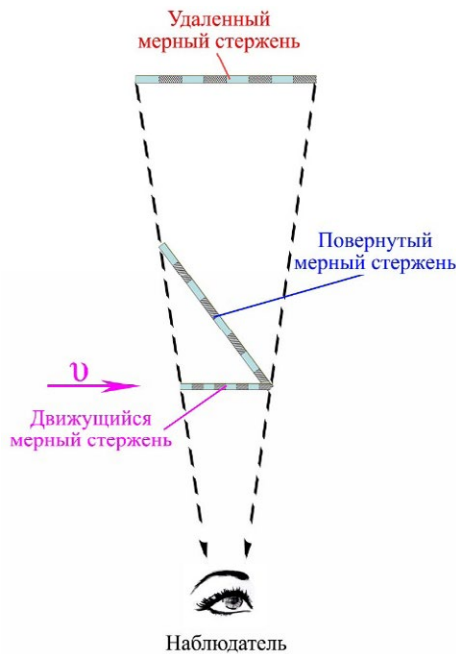


Рис. 3. Три случая наблюдения мерных стержней

В законе инерции Галилее-Ньютоновой механики основными понятиями являются понятия движения и покоя. В простейшем случае мы приписываем понятию движения такую характеристику, как скорость. Соответственно покою – скорость, равную нулю. Но величайшие умы человечества на этом не остановились и «изобрели» третий тип движения – виртуальный. Жозеф Луи Лагранж в своей аналитической механике [5] при рассмотрении тел в статическом равновесии использовал три принципа, один из которых является принципом виртуальных скоростей. Напомним его: «Под виртуальной скоростью следует понимать скорость, которую тело, находящееся в равновесии, готово принять в тот момент, когда равновесие нарушено, т.е. ту скорость, какую тело фактически получило бы в первое мгновение своего движения». В этом высказывании виртуальная скорость – это тенденция равновесия к движению. Ведь хотя в формулировке закона инерции присутствует условие: «тело, достаточно удаленное от других тел...», удалить тело само от себя и рассматривать его вне Вселенной невозможно. Все материальные тела, которые мы рассматриваем,

разве не являются результатом равновесия гравитационных, электромагнитных и ядерных сил, а Вселенная четырех известных сил? По сути принципа виртуальной скорости вся барионная материя (+ электроны) является случаем равновесия в условиях нарушения СР – инвариантности в далеком прошлом нашей Вселенной. И если вдруг из небытия возникнет «утраченная» антиматерия, «наша» материя «помчится» по Вселенной со скоростью света.

Возможно, именно по этой причине геометрия Минковского характеризуется вечным движением со скоростью света, если не в пространстве, так во времени. Ну и соответственно знаменитая Эйнштейновская  $E = mc^2$ . Еще вопрос – скорости света, разве она является свойством фотона? Согласно Джеймсу Кларку Максвеллу, скорость света определяется магнитной и диэлектрической проницаемостью среды:  $C = 1 / \sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}$ , т.е. в вакууме заключена скорость света.

Описание движущихся объектов в ЧТО при наличии четкого вектора относительного движения приводит к их «размерной анизотропии» вследствие лоренцевого сокращения. Но для барионной материи, в свете сказанного выше, виртуальное движение вряд ли предполагает возможность выделения какого-либо преимущественного направления, в этом смысле оно изотропно. Тогда системам отсчета с виртуальным относительным движением должны соответствовать эффекты, несколько отличные от таковых, которые наблюдаются в классических системах отсчета, рассматриваемых в ЧТО (с выделенным направлением относительного движения).

В замечательной книге [6] описывается сюжет, в котором Алисия наблюдает за своим отражением (Алисой) в стране за выпуклым зеркалом. На рис. 4 воспроизведена несколько видоизмененная ситуация такого наблюдения.

В нашем случае Алиса – вполне материальный объект. Она обитает в том же пространство-времени что и Алисия, но обладает по отношению к последней некоторой виртуальной скоростью. Вследствие относительного виртуального движения Алисия наблюдает не истинный размер Алисы, а ее уменьшенный облик. По сути, эта схема – трехмерный вариант наблюдения удаленного мерного стержня (см. рис. 3) и возможно подходящее описание компактификации систем отсчета при относительном виртуальном движении.

Рассмотрим нелокальное явление квантовой запутанности с использованием традиционных персонажей – Алисы и Боба (рис. 5). Алиса и Боб получают свои частицы (фотоны, запутанные по поляризации) после того, как они преодолели определенный путь до соответствующих детекторов нашей пары. Допустим, наши экспериментаторы и их оборудование, состоящие из барионной материи, движутся с виртуальной скоростью, равной скорости света относительно системы отсчета Запутанности. В таком случае Запутанность будет «рассматривать» барионную систему отсчета как бесконечно удаленную, т.е. «видеть» систему отсчета барионной материи как бесконечно малую по величине. С «точки зрения»

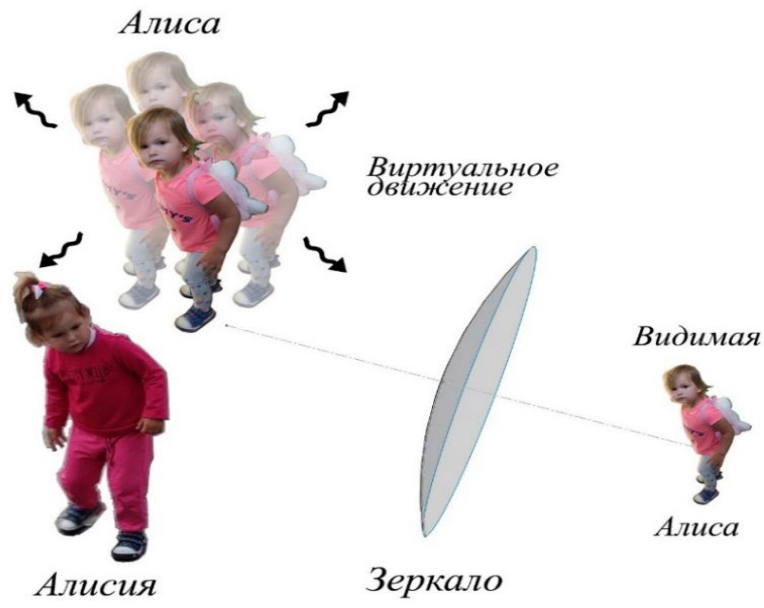


Рис. 4. Алисия и выпуклое зеркало  
(сюжет из книги Климента Дьюрелла «Азбука теории относительности»)

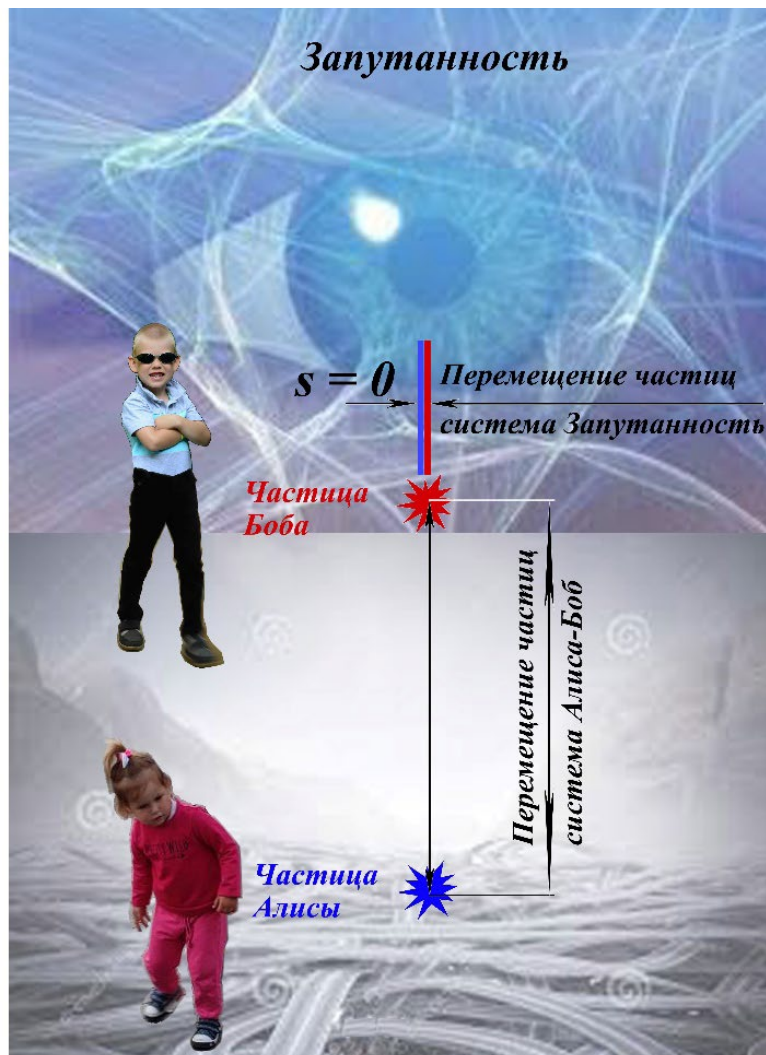


Рис. 5. Относительность перемещения частиц в системах отсчета Алиса-Боб и Запутанность  
(сюжет Глаза с сайта <https://physicsforme.com/2011/04/30>,  
сюжет Лабиринта с сайта <https://fr.dreamstime.com/photo-stock-confusion-image42416675>)

Запутанности не будет никакого перемещения частиц и соответственно не будет между ними какого-либо расстояния. Для квантовой Запутанности (в отличие от нас) возможно не существует проблем с коммуникацией между частицами Алисы и Боба.

Вернемся к триумвиату Алисия-Зеркало-Алиса (рис. 6). В данном случае для Алисии «видимость» Алисы будет то больше, то меньше в зависимости от того, находится Алиса в ближней или дальней зоне своей системы отсчета. Если несколько по-другому, то вероятность наблюдения Алисией – Алисы будет зависеть от того, в какой части своей системы отсчета последняя находится.

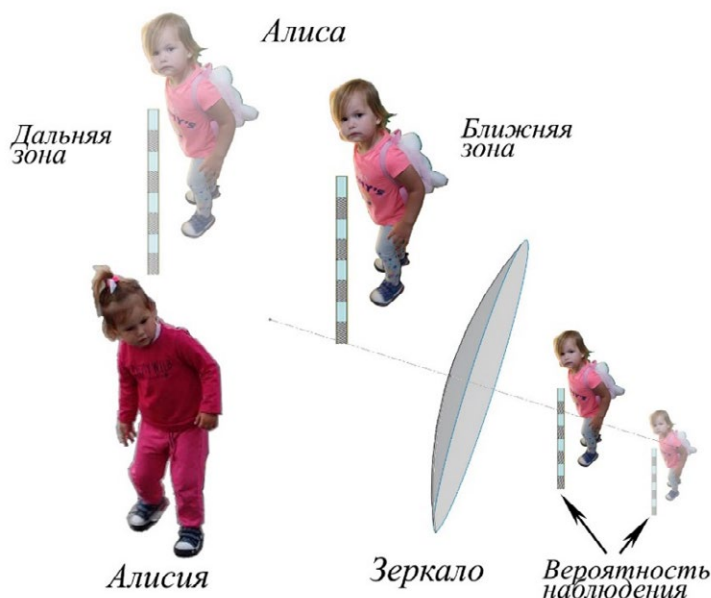


Рис. 6. Наблюдение Алисией дальней и ближней зон системы отсчета Алисы (сюжет из книги Климента Дьюрелла «Азбука теории относительности»)

Как тут не вспомнить Уильяма Блейка [7]:

В одном мгновенье видеть вечность,  
Огромный мир – в зерне песка,  
В единой горсти – бесконечность  
И небо – в чашечке цветка.

В общем случае вопрос, что мы видим, когда наблюдаем Природу, очень любопытен. Основную массу информации человек получает с помощью зрения, т.е. с привлечением электромагнитного излучения. Но, согласно [8], мир для фотона стягивается в апекс движения и соответственно для ансамбля фотонов мир будет плоским. Возможно, что «глазами» фотонов (из системы отсчета светового наблюдателя, заданного монадным методом) мы видим в одном случае, когда скорость фотонов становится сопоставимой с нашей, т.е. в окрестностях черной дыры. Напомним, скорость света в гравитационном поле описывается формулой [1]:

$$c = c_0 \left( 1 + \frac{\Phi}{c^2} \right),$$

где  $\Phi$  – гравитационный потенциал (величина отрицательная);  $c_0$  – скорость света в начале координат.

(Мы воспроизводим формулу из источника в том виде, в котором она существует на стр. 172).

Может быть по этой причине горизонт событий черной дыры представляется нам как «застывшая плоская картина»? Сразу же возникает интересный вопрос, а замедляется ли скорость распространения гравитационного взаимодействия в сильных гравитационных полях? Если нет, то возможно, воспользовавшись «гравитационным зрением», мы бы «увидели» черную дыру иначе?

То, какими методами мы изучаем Природу, можно характеризовать следующим высказыванием [9]: «Частицы и излучение не могут быть зарегистрированы непосредственно, а лишь через их взаимодействие с веществом». Но в последнее время ширится движение под лозунгом – не возмущай измерением. В связи с этим стоит вспомнить, что гравитация является самым слабым взаимодействием и, по своей

сути, является искривлением пространство-времени. Тогда некоторый интерес может представлять следующий мысленный эксперимент. Рассмотрим движущуюся произвольную частицу (имеющую массу покоя) в терминах значений ее квадрата амплитуды как вероятности и простейшей трактовки в представлении однострелочных часов Фейнмана [10] (рис. 7). В область, где квадрат амплитуды вероятности стремится к нулю, поместим три пробных гравитационных тела. При пролете мимо них нашей частицы представимы три следующих случая реакции пробных тел:

- пробные тела переместятся внутрь, в радиальном направлении к траектории движения частицы;
- пробные тела останутся на месте;
- пробные тела переместятся наружу, в радиальном направлении к траектории движения частицы.

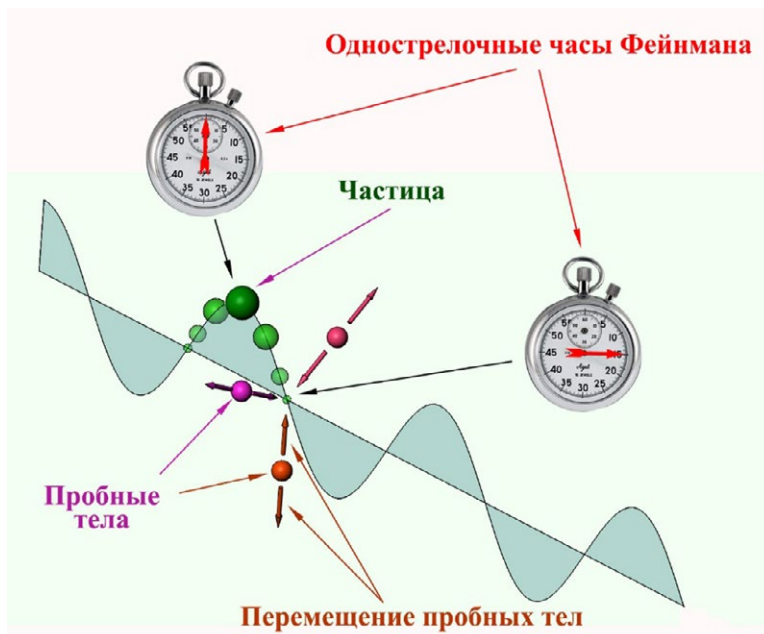


Рис. 7. Мысленный эксперимент с использованием гравитационных пробных тел

Если ничего сильно не усложнять, то первый вариант может соответствовать предположению, что поле Хигса, являясь скалярным, не обладает волновыми свойствами. Второй вариант. Неравенство Гейзенберга вида  $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar/2$ , где  $\Delta E$  – среднеквадратическое отклонение энергии,  $\Delta t$  – среднеквадратическое отклонение временного интервала. Принято трактовать его как возможность появления в вакууме энергии «из ничего» на время, соответствующее этому неравенству. Но мы не нашли в квантовой механике запрета на существование обратного процесса – энергия может исчезать «в ничто» на время, соответствующее этому неравенству. Тогда при выборе подходящих базисов (по терминологии физиков) на основе этого неравенства можно создать простейшую периодическую функцию вида  $\cos$  или  $\sin$ . Соответственно третий вариант, возможно – область существования интегралов по траекториям Фейнмана (см. рис. 6, мы видим, что Алиса находится либо перед Алисией, либо за ее спиной).

В квантовой механике существует тезис [11] – полное знание о системе не предполагает полного знания о ее составных частях. Предлагаем через призму наивной трактовки этого высказывания взглянуть на пару запутанных по поляризации фотонов с рис. 5. У Алисы есть два варианта при наблюдении фотонов с регистрацией их (допустим) по базису вертикальной поляризации. Она получит фотон с поляризацией вверх либо фотон с поляризацией вниз. Если обозначить измеренную поляризацию 1 и соответственно противоположенную 0, можно записать:

$$\begin{aligned} 1\uparrow + 0\downarrow &= 1 = \text{const}, \\ 0\uparrow + 1\downarrow &= 1 = \text{const}. \end{aligned}$$

Тогда правая часть равенств будет соответствовать полноте знаний о системе (мы знаем, что получим либо первый, либо второй результат). Левая часть – это неполнота знания о составных частях системы (мы не знаем какой именно в данный конкретный момент выпадет результат). В правой части мы выписали  $\text{const}$  в знак того, что полное знание не меняется (всегда  $\text{const}$ -а).

Посмотрим на все это под другим углом. По своей структуре ЧТО является локальной теорией. Но ведь это теория ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ. Теория относительности локальна только в той степени и в той

мере, в которой мы ее рассматриваем с точки зрения локального наблюдателя. По сути, локальность в ней связана с тем фактом, что Номо *vigiläbö* (человек наблюдающий) воспринимает только изменения в окружающем мире, а ограничение скорости распространения любых изменений скоростью света и приводит к локальности. Если Номо *vigiläbö* не наблюдает каких-либо изменений, то и смысла в скорости света как фактора ограничения передачи сигналов нет. В условиях невозможности изменения чего-либо локальность существовать не может. В этом смысле мы живем в существенно нелокальном мире. Примеров вокруг множество: мировые константы – скорость света, гравитационная постоянная, постоянная тонкой структуры, постоянная Планка. Сюда же можно добавить тождественность и массу покоя элементарных частиц. И в этом же смысле у двух запутанных по поляризации фотонов ничего не меняется (у второго всегда противоположная поляризация). Сделаем очевидное допущение: мировые константы – это свойство вакуума. Но, согласно [12], вакуум не может служить системой отсчета. Тогда мировые константы необходимо рассматривать как псевдосистемы отсчета (континуумы одного значения?).

Вопрос – что есть траектория? озвучивал еще Эйнштейн [2]: «Я стою у окна равномерно движущегося вагона железной дороги и роняю на полотно дороги камень, не давая ему никакого толчка. Тогда я вижу (не принимая в расчет влияния, оказываемого сопротивлением воздуха), что камень падает прямолинейно. Пешеход, который наблюдает мое действие со своей тропинки, замечает, что камень падает на землю, описывая дугу параболы. Теперь я спрашиваю: где «в действительности» лежат «места», которые пробегает камень – на прямой или на параболе?». И это завораживающий своей красотой вопрос. Но вернемся к движению тел в общей теории относительности. Согласно теории, движение тел в искривленном пространстве-времени происходит по геодезическим. Тела искривляют ткань пространство-времени, а искривленное пространство-время формирует траекторию тела. Таким образом, траекторию движения тел определяет искривление пространство-времени. К этому добавим вопрос – как «удлинились» реликтовые фотоны? Разве их траектория не «растянулась» вместе с расширением Вселенной?

Суммируя все приведенное выше, мы неизбежно возвратимся к тривиальной мысли, что квантовая запутанность и волновые свойства – это не данность частицы, а свойство вакуума (пространство-времени?).

Другой вопрос – вопрос случая. В одной из публикаций [13] был показан пример совмещения области действительных значений неравенства Гейзенберга и области будущего в плоском представлении мировых событий в терминах геометрии Минковского. В нашей схеме (рис. 8) область действительных значений неравенства Гейзенберга представлена как совокупность кривых, соответствующих определенному моменту времени в будущем. Глядя в него (в будущее), мы будем наблюдать рост значения в левой части неравенства от величины  $\hbar/2$  до значений, которые будут соответствовать уже классической неопределенности макротел:  $\Delta p \cdot \Delta x \gg \hbar/2$ , где  $\Delta p$  – среднеквадратическое отклонение импульса,  $\Delta x$  – среднеквадратическое отклонение координаты.

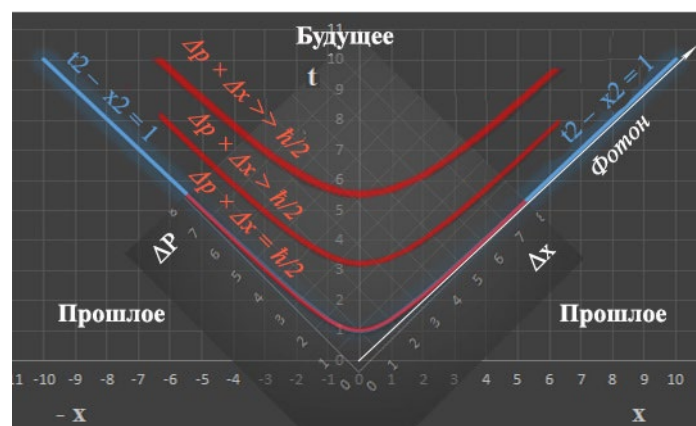


Рис. 8. Рост значения неопределенности в потенциальном будущем

Приведем пример с подбрасыванием монеты (рис. 9). Если ее подбрасывать не сильно, то она, сделав полоборота, постоянно будет падать на поверхность не случайным образом. В момент, когда мы подбрасываем ее сильнее, мы получаем (в будущем) значение в левой части неравенства Гейзенберга

величиной, достаточной для придания неопределенности в положении граней монеты. Одна из возможных трактовок, почему так происходит, проста. В каждом конкретном случае мы должны учитывать все события, находящиеся в конусе прошлого данного события. Таково требование принципа причинности [14].

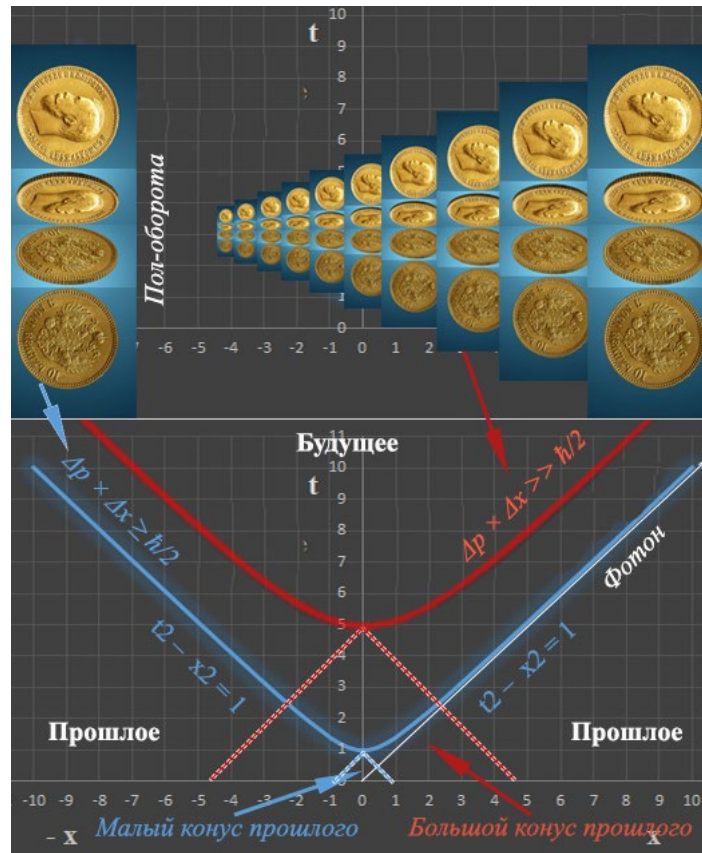


Рис. 9. Подбрасывание монеты (сюжет Монеты с сайта <https://egor-23.livejournal.com/581944.html>)

Но, естественно, может возникнуть вопрос о совмещении области действительных значений неравенства Гейзенберга и области будущего в геометрии Минковского. Ведь если посмотреть на график неравенства Гейзенберга (рис. 10), то вдоль оси абсцисс (в нашем случае) происходит рост значения  $\Delta x$  (среднеквадратическое отклонение координаты), а вдоль ординаты – значения  $\Delta p$  (среднеквадратическое отклонение импульса) и график получается несимметричный. На наш взгляд, эту несимметрию логично было бы трактовать с использованием понятия деформации Пуанкаре.

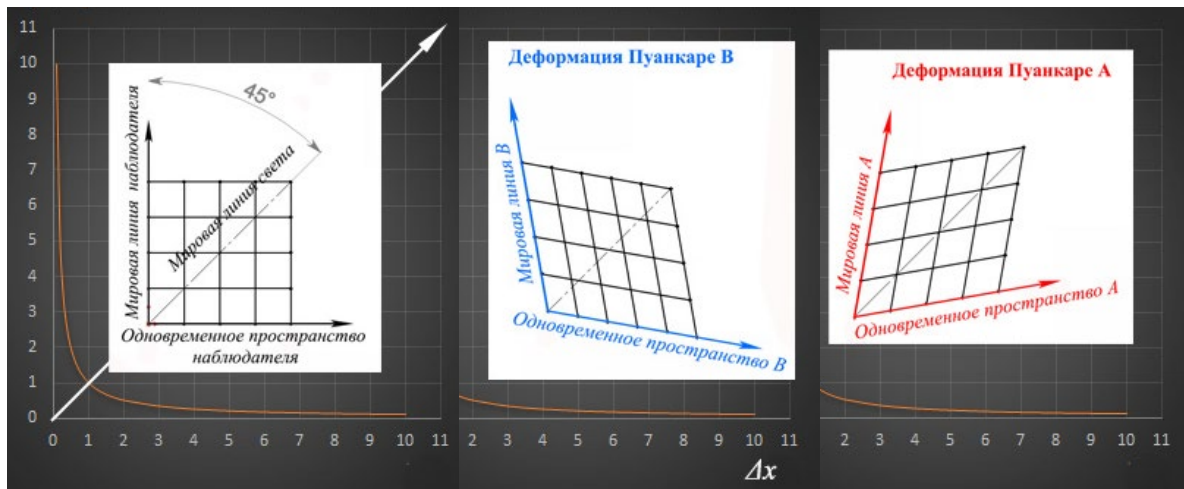


Рис. 10. Неравенство Гейзенберга и деформация Пуанкаре



P. S. Если рассматривать пример с подбросом монеты в свете изложенной выше наивной трактовки тезиса Шредингера о полноте общего и неполноте частного, различия при сопоставлении со случаем квантовой запутанностью фотонов мы не обнаружим.

$$1 \text{ (Орел)} \uparrow + 0 \text{ (Решка)} \downarrow = 1 = \text{const},$$

$$0 \text{ (Орел)} \uparrow + 1 \text{ (Решка)} \downarrow = 1 = \text{const}.$$

### ЛИТЕРАТУРА

1. **Эйнштейн А.** Собрание научных трудов. Работы по теории относительности. 1905–1920. Т. 1 / Е. И. Тамма. М.: Наука, 1965. 702 с.
2. **Эйнштейн А.** О специальной и общей теории относительности. М.: Гос. изд-во, 1922. 80 с.
3. **Владимиров Ю. С.** Системы отсчета в теории гравитации. М.: Энергоиздат, 1982. 256 с.
4. **Тэйлор Э., Уилер Дж.** Физика пространства-времени / Пер. с англ. М.: Мир, 1971, 320 с.
5. **Лагранж Ж.** Аналитическая механика. Т. 1 / Пер. с франц. М.: Гос. изд. техн.-теор. лит., 1950, 594 с.
6. **Дьюрелл К.** Азбука теории относительности / Пер. с англ. М.: Мир, 1970, 154 с.
7. **Блейк У.** Избранное / Пер. с англ. М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2000, 81 с.
8. **Полищук Р. Ф.** Современная картина мира. [http://www.chronos.msu.ru/old/RREPORTS/polischuk\\_kartina.pdf](http://www.chronos.msu.ru/old/RREPORTS/polischuk_kartina.pdf)
9. **Групен К.** Детекторы элементарных частиц: справ. изд. / Пер. с англ. М., 1999, 408 с.
10. **Фейнман Р.** КЭД – странная теория света и вещества / Пер. с англ. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988, 144 с.
11. **Schrödinger E.** The Present Status of Quantum Mechanics. <https://homepages.dias.ie/dorlas/Papers/QMSTATUS.pdf>
12. **Чернин А. Д.** Темная материя и всемирное антигравитационное // Успехи физ. наук. Т. 178. № 3. С. 267–300.
13. **Сазоненко И. О., Сазоненко В. И.** Частная теория относительности: взгляд стороннего наблюдателя // Литье и металлургия. 2019. № 4. С. 26–30.
14. **Шредингер Э.** Наука и гуманизм. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». 2001, 64 с.

### REFERENCES

1. **Jejnshstejn A.,** *Sobranie nauchnyh trudov. Raboty po teorii otositel'nosti* [Collection of scientific papers. Relativity Theory]. Moscow, Nauka Publ., 1965, 702 p.
2. **Эйнштейн А.** *O special'noj i obshhej teorii otositel'nosti* [On the special and general theory of relativity]. Moscow, Gosudarstvennoe izdatel'stvo Publ., 1922, 80 p.
3. **Vladimirov Ju. S.** *Sistemy otscheta v teorii gravitacii* [Reference systems in the theory of gravity]. Moscow, Jenergoizdat Publ., 1982, 256 p.
4. **Tjejlор Je., Uiler Dzh.** *Fizika prostranstva-vremeni* [Space-time physics]. Moscow, Mir Publ., 1971, 320 p.
5. **Lagranzh Zh.** *Analiticheskaja mehanika* [Analytical mechanics]. Moscow, Gosudarstvennoe izdanie tehniko-teoreticheskoy literatury Publ., 1950, 594 p.
6. **D'jurell K.** *Azbuka teorii otositel'nosti* [The ABC of Theory of Relativity]. Moscow, Mir Publ., 1970, 154p.
7. **Blejk U.** *Izbrannoe* [Favorites.]. Moscow, OLMA-PRESS Publ., 2000, 81 p.
8. [http://www.chronos.msu.ru/old/RREPORTS/polischuk\\_kartina.pdf](http://www.chronos.msu.ru/old/RREPORTS/polischuk_kartina.pdf)
9. **Grupen K.** *Detektory jelementarnyh chastic* [Particle detectors.]. Moscow, 1999, 408 p.
10. **Fejnman R.** *KJeD – strannaja teorija sveta i veshhestva* [QED – a strange theory of light and matter]. Moscow, Nauka Publ., 1988, 144 p.
11. <https://homepages.dias.ie/dorlas/Papers/QMSTATUS.pdf>
12. **Chernin A. D.** *Temnaja materija i vseмирное antitjagotenie* [Dark matter and worldwide anti-gravity]. *Uspehi fizicheskikh nauk = Advances in physical sciences*, no.3, vol.178, pp. 267–300.
13. **Sazonenko I. O., Sazonenko V. I.** *Chastnaja teorija otositel'nosti: vzgljad storonnego nabljudatelja* [Private relativity: the view of an outside observer]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2019, no.4, pp. 26–30.
14. **Shredinger Je.** *Nauka i gumanizm* [Science and humanism]. Izhevsk, NIC «Reguljarnaja i haoticheskaja dinamika» Publ., 2001, 64 p.