К вопросу введения определения физического времени и его следствиях

(Текст доклада на Семинаре по темпорологии)

Николенко А.Д. (Украина)

«*Все загадки природы, волнующие физиков и космологов – от Большого взрыва до будущего Вселенной, от квантов до великого объединения взаимодействий и частиц, – связаны с природой времени*».
Ли Смолин. «Возвращение времени.
От античной космогонии к космологии будущего».

Введение

Значение понятия времени трудно переоценить. Как справедливо заметил известный канадский физик-теоретик Ли Смолин: «...величайшая тайна Вселенной есть то, как она разворачивается перед нами во времени». Он высказал убеждение, что «…время – это ключ к квантовой теории и объединению последней с категориями пространства, времени, гравитации, а также с космологией» [1].

Изучением времени занимается темпорология.

Темпорология – одна из немногих наук, которая не имеет общепризнанного определения предмета своего исследования. В V веке великий философ Августин Аврелий написал об определении времени: «Что же такое время? Если меня никто об этом не спрашивает, я знаю, что такое время; если бы я захотел объяснить спрашивающему – нет, не знаю» [2]. Спустя более тысячи лет ему вторит Иммануил Кант: «Хотя о времени было высказано много истинного и остроумного, тем не менее, реального определения его никогда не было дано». Не лучше положение и сейчас.

Может быть, вообще не имеет смысла заниматься определением времени, как допустил Р. Фейнман [3], а просто считать понятие времени первичным и вообще не определяемым? И никаких проблем.

Но ведь понятия числа или множества, к примеру, изначально также считались первичными и самоочевидными, не нуждающимися в определении и исследованиях. Однако с развитием математики это оказалось не так, и возникли развитые теории чисел и множеств, сформировав целые отрасли этой науки.

Если мы полагаем темпорологию как научную дисциплину, то отказываться от определения предмета ее изучения по меньшей мере нелогично.

Я предлагаю определение времени, которое можно рассматривать как рабочее, исходное для дальнейшей дискуссии.

Часть I. Построение рабочего определения физического времени

1.1. Некоторые исходные положения

Чтобы построить такое рабочее определение времени, мы должны принять во внимание и отразить в этом определении те бесспорные положения, которыми физика располагает к настоящему моменту. Оно, безусловно, не будет является исчерпывающим, будет достаточно общим, но определенный шаг в правильном направлении.

Нам потребуются несколько определений основных понятий, которыми мы будем в дальнейшем оперировать.

Для удобства изложения далее все физические объекты будем полагать точечными. Объекты могут быть массивными (обладать ненулевой массой покоя, или инвариантной массой), или безмассовыми (у таких объектов инвариантная масса отсутствует).

Положение любого физического объекта A_i в пространстве E, на котором задана система координат (или система отсчета), определяется набором его координат, или компонент: $x^1{}_i, x^2{}_i, x^3{}_i...$. Эти координаты для каждого i-го объекта объединяются в координатные кортежи $(x^1{}_i, x^2{}_i, x^3{}_i...)$.

Определение координатного кортежа 1.1. *Под координатным кортежем объекта A_i будем понимать упорядоченный набор $(x^1{}_i, x^2{}_i, x^3{}_i... x^j{}_i... x^n{}_i)$ минимально необходимого числа координат (компонент) n в заданной системе координат (системе отсчета), однозначно задающий положение данного объекта в пространстве E^n, на котором задана указанная система координат.*

Координаты (далее компоненты) кортежа для заданного объекта формируются путем несовместных измерений. Здесь под Актом измерений понимается совокупность действий, позволяющих получить значения компонент координатного кортежа.

Считаем, что все измерения производятся наблюдателями несовместно, так как при корректно проведенных совместных измерениях всегда получаются одни и те же результаты. Поэтому их нет смысла включать в рассмотрение.

Обозначения кортежа с n компонентами для объекта A_i будет выглядеть так:

$$A_i = (x^1{}_i, x^2{}_i, x^3{}_i... x^j{}_i... x^n{}_i).$$

Физические объекты в заданных системах координат могут испытывать движение. Движение в общепринятом представлении – это изменение положения тела в пространстве за определенное время. Но это определение нас не устраивает, так как в нем явно присутствует такая категория, как время, которое само по себе является объектом нашего исследования.

Избавиться от понятия времени в определении движения достаточно просто, используя понятие координатного кортежа. Очевидно, что если мы обнаружим изменение какой-либо компоненты координатного кортежа объекта при несовместных измерениях его координат, то можно говорить об изменении его положения, а это уже по своей физической сути и есть движение. Такое определение никак не противоречит общепринятому определению движения.

Заметим, что у нас нет никаких оснований ограничивать проявления движения только пространственными компонентами кортежа. Мы не должны проявлять дискриминацию временного измерения, принимая во внимание, что пространственные и временное измерения слиты между собой в единую сущность, как утверждал Г. Минковский.

Следовательно, мы можем уверенно относить изменения значений соответствующих компонент в координатном кортеже движущегося объекта к проявлению движения в выбранной системе координат. К примеру, если объект испытывает движение в размерности X^3, то соответствующая компонента в его координатном кортеже x^3 будет меняться. Отсюда можно построить более удобное для нас определение движения:

Определение движения 1.2. *Физический объект A_i испытывает механическое движение в размерности X^j, если имеется несовпадение компонент $x^j{}_i$ кортежа при двух любых произвольно взятых несовместных измерениях*.

Для определения самого факта движения такого определения вполне достаточно.

Нам потребуется запись реакций и уравнений в *темпоральной форме*.

Определение темпоральной записи реакций и уравнений 1.3. В такой записи *при обозначении веществ, участвующих в реакции или взаимодействии, то есть компонент* *реакции, под вертикальной чертой будем писать, испытывают ли они ход собственного времени, или нет.* Этот факт будем записывать в виде $dt = 0$ и $dt \neq 0$ соответственно. Иногда удобно такую запись дополнять указанием, имеется ли у этого компонента реакции масса покоя, или нет. Это существенно, так как масса (масса покоя, или инвариантная масса) вещества связана с ходом его собственного времени [4].

1.2. Известные определения физического времени

Сложность дискуссии о времени связана с тем, что в этой дисциплине пока нет устоявшихся определений и понятий. Каждый, кто рассуждает о времени, знает, что это такое, кроме специалистов.

Тем не менее, мы имеем два авторитетных представления о времени, которые для нас могут служить основой для дальнейших рассуждений, поскольку они реально «работают». Следовательно, они действительно отражают, по крайней мере, отдельные черты времени как физического явления. Речь идет о представлении Ньютона в классической физике и представлении Эйнштейна - Минковского в релятивистской. Их мы далее и рассмотрим.

1.2.1. Время в классической механике

Для описания местонахождения любого физического объекта нам необходимо не менее четырех чисел, задающих его положение в нашем мире. Трех никак не хватает.

Действительно, допустим, что в одной и той же точке пространства (например, на какой-нибудь лужайке на Бородинском поле) могли находиться кошка Мурка, Наполеон, и, в конце концов, мог вырасти дуб. При этом их пространственные координатные кортежи совпадают:

(Мурка) = $(x^1{}_1, x^2{}_1, x^3{}_1)$,
(Наполеон) = $(x^1{}_2, x^2{}_2, x^3{}_2)$,
(Дуб) = $(x^1{}_3, x^2{}_3, x^3{}_3)$.

Для рассматриваемого случая: $x^1{}_1 = x^1{}_2 = x^1{}_3$; $x^2{}_1 = x^2{}_2 = x^2{}_3$; $x^3{}_1 = x^3{}_2 = x^3{}_3$.

В результате совпадения эти кортежи определяют нечто вроде странного синтетического объекта: (Мурка+Наполеон+дуб), к реальности, естественно, никакого отношения не имеющего. Чтобы отделить кошку от Наполеона и тем более от дуба, необходимо ввести, по крайней мере, еще один отличительный признак – момент нахождения этих объектов в указанной точке. Это совершенно необходимое и объективное требование, без которого мы теряем определенность физических объектов. Следовательно, необходимость в четвертой компоненте является совершенно объективным и реальным условием в нашем мире.

Момент времени еще с античных времен принято изображать точкой на временной числовой оси. Эта точка задается неким *вещественным* числом. Что отражает непрерывность их множества на числовой оси, континуум. Именно вещественным – только такие числа заполняют числовую ось плотно, без промежутков. Так же, как и пространственные оси систем отсчета.

Четвертая компонента, позволяющая однозначно задать положение объекта во времени, вводится в определении Ньютона [5]:

«*Абсолютное, истинное, математическое время само по себе и по своей сущности, без всякого отношения к чему либо внешнему, протекает равномерно и иначе называется длительностью*».

Относительное (психологическое) время, описываемое далее Ньютоном, употребляется в обыденной жизни «*...вместо истинного математического времени*», и, не будучи «истинным», согласно Ньютону, для исследования физического времени интереса не представляет.

В классической ньютоновской физике положение объекта задается совокупностью координатных кортежей в двух системах отсчета: одной одномерной (временной) и одной трехмерной (пространственной). Другими словами пространство и время представлено как прямое произведение одномерного времени на трехмерное пространство. В этом случае наши три объекта задаются следующим образом:

(Мурка) = ($x^0{}_1$), ($x^1{}_1$,$x^2{}_1$,$x^3{}_1$);
(Наполеон) = ($x^0{}_2$), ($x^1{}_2$,$x^2{}_2$,$x^3{}_2$);
(Дуб) = ($x^0{}_3$), ($x^1{}_3$,$x^2{}_3$,$x^3{}_3$);

где $x^0{}_1 = t_1,\ x^0{}_2 = t_2,\ x^0{}_3 = t_3$; причем $t_1 \neq t_2 \neq t_3$.

В результате введения четвертой обособленной координаты x^0 наше затруднение разрешено.

Классическую физику Ньютона можно считать трехмерной физикой. В определении Ньютона время объективно, абсолютно, протекает «*...без всякого отношения к чему либо внешнему...*» и оно не связано с трехмерными пространственными системами отсчета, в которых, собственно говоря, и происходят различного рода движения физических тел.

В определении Ньютона время обладает одним чудным свойством. Это свойство выпадает из общей конструкции классической физики в целом: оно – время - само по себе «течет». Свойства такого странного «протекания» остаются за пределами исследования классической физики, несмотря на фундаментальное значение «течения» времени для развития любых процессов во Вселенной.

Единственное свойство «течения», которое отмечает Ньютон, следующее: «*Все движения могут ускоряться или замедляться, течение абсолютного времени измениться не может*»"[5].

При этом абсолютное, т.е. истинное физическое время и его «течение» полностью объективно и не зависит от чего-либо внешнего. Правда, остается вопрос – что понимается под термином «внешнее»?

Определение, данное Ньютоном, утверждает, что время представляет собой длительность. Или, другим словами, протяженность. Но протяженность в чем? Этот вопрос остается без ответа.

Несмотря на эти неясности, определение Ньютона сыграло значительную роль в построении классической механики.

Итак, в классическом определении Ньютона время обладает двумя свойствами: протяженностью и таинственной способностью «течь», причем, с его точки зрения, такое «течение» всегда равномерно и неизменно.

1.2.2. Время в релятивистской механике

Релятивистская механика принесла революционный переворот в понимании природы времени. Этот переворот хорошо выражен в знаменитом высказывании Германа Минковского [6]:

«Воззрения на пространство и время, которые я намерен перед вами развить, возникли на экспериментально-физической основе. В этом их сила. Их тенденция радикальна. Отныне пространство само по себе и время само по себе должны обратиться в фикции, и лишь некоторый вид соединения обоих должен сохранить самостоятельность».

В релятивистском представлении Время вместе с пространством является составной и неотъемлемой частью пространственно-временного континуума и этот факт должен быть отражен в рабочем определении времени.

Как известно, такое представление о времени оказалось чрезвычайно плодотворным и способствовало созданию Альбертом Эйнштейном общей теории относительности.

По своей сути переход от классической физике к релятивистской представляет собой переход от трехмерной физики к четырехмерной. Преобразования Лоренца, лежащие в основе такого перехода, явно имеют вид координатных преобразований в пространстве именно *четырех* взаимосвязанных измерений, как отметил еще Пуанкаре в 1905 году [7].

В теории относительности к составу трехмерного пространственного континуума добавилась четвертая, временная размерность, которая не захватывается нашими органами чувств непосредственно. Т.е. скрытая размерность.

Наш мир, таким образом, имеет три ощущаемых пространственных размерности и (не менее чем одну) скрытую размерность. Запись координатного кортежа материального объекта в релятивистском представлении приобретает вид (x^0,x^1,x^2,x^3), где $x^0 = ct$.

Стоит заметить, что представление от том, что время - это четвертое измерение, родственное пространственным измерениям, получило широкое распространение задолго до Эйнштейна в значительной степени благодаря рассказу Герберта Уэллса «Машина Времени», опубликованному в 1895 году. Там же шла речь об особой Геометрии Четырех Измерений, о движении физических тел в четвертом (временном) измерении [8].

Однако в отличие от вышеприведенного определения Ньютона, в релятивистском представлении выпадает важная сторона времени – его способность «течь».

В результате, вместо динамично развивающегося мира мы получили его статичный «каркас»: утратилась изменчивость и динамика составляющих его объектов. Как справедливо отметил А.К. Гуц: «*Вместо трехмерного мира вещей, эволюционирующих во времени, получили четырехмерный статичный Мир событий, в котором все события прошлого, настоящего и будущего одинаково реальны*» [9].

Чтобы снять возникшее между этими двумя определениями противоречие, понятие Настоящего, а также Прошлого и Будущего, прямо связанные с понятием «течения» времени, выводятся за пределы физики и объявляются иллюзиями. Эйнштейн в письме к семье своего друга Бессо писал: «*…для нас, убежденных физиков, различие между настоящим, прошлым и будущим есть только иллюзия, впрочем, очень навязчивая*» [10].

Вместе с тем представления Минковского и Эйнштейна о времени базируется на прочных экспериментальных основаниях, если не считать проблему «течения», и поэтому соответствующие их положения должны быть использованы в рабочем определении времени.

1.3. Построение рабочего определение времени

1.3.1. Первая часть определения

Наш мир в теории относительности описывается с помощью четырехмерного Лоренцева многообразия, представляющего собой единый пространственно-временной континуум, неотъемлемой составной частью которого является интересующая нас временная размерность.

Эта размерность не идентична пространственным – она *метрически выделена*. Такая выделенность времени заключается в том, что в любом виде метрики пространственно-временного многообразия временные и пространственные координаты входят по-разному: знак временной координаты всегда противоположен знаку пространственных координат. Что хорошо видно в записи сигнатуры (+ — — —) или (— + + +). Обособленность временной компоненты $x^0 = ct$ пространственно-временного многообразия указывает на то, что полного тождества между всеми размерностями многообразия нет.

Теперь мы можем выделить признаки времени, которые должны войти в наше рабочее определение времени. Ее формулировка принимает следующий вид:

«*Время есть метрически выделенная размерность в составе четырехмерного Лоренцева многообразия*».

В такой формулировке момент времени представлен точкой на временной оси координатной системы пространственно-временного континуума, положение которой задается вещественным числом. Это представление времени соответствует взглядам Ньютона, если не считать того, что временная ось получает статус размерности в четырехмерном многообразии.

Вместе с тем в нем отсутствует упомянутая Ньютоном важнейшая способность времени «течь».

1.3.2. Вторая часть определения

Способность физического времени «течь» в представлении Эйнштейна - Минковского не рассматривается. Однако невозможно игнорировать следующий результат объективных наблюдений.

В записи координатного кортежа (x^0,x^1,x^2,x^3), определяющего положение материальной частицы в пространственно-временном многообразии, метрически выделенная координата времени x^0 принципиально отличается от других компонент кортежа тем, что она всегда испытывает самопроизвольное монотонное нарастание.

Любые два несовместных измерения ее значения для любого массивного тела всегда дают разные результаты – это неопровержимый факт. Моменты времени, которые измеряются нашими часами (и календарем), никогда не повторяются. Даже если все остальные координаты тела остаются неизменными (оно покоится).

Как точно заметил Р. Фейнман - “Время – это то, что меняется, когда больше ничего не изменяется” [3].

Можно сказать, что факт непрерывного монотонного изменения одной их компонент координатного кортежа любого массивного физического тела имеет надежное наблюдательное (экспериментальное) подтверждение.

Такого нет в пространственных измерениях. Данное серьезное различие свойств временной и пространственных компонент не позволяет полностью и безоговорочно слить пространство и время в единую сущность, как того хотел Минковский.

Мы не можем игнорировать такое различие свойств компонент координатного кортежа. Нам пока не известен механизм нарастания временной компоненты. Мы можем допустить, что такой механизм потенциально может иметь как физическую природу, так и нефизическую, но его проявление в самом общем виде должно быть отражено в рабочем определении времени.

Согласно релятивистским представлениям, течение собственного времени испытывают только массивные материальные частицы, это также нужно учесть. Безмассовые частицы (в частности гамма-кванты) течения собственного времени не испытывают. Мы имеем хорошо заметную связь течения времени с массой [4].

Такое различие в течении собственного времени частиц, определяемое именно их физическими особенностями – наличием или отсутствием инвариантной массы, говорит в пользу того, то само течение времени обусловлено именно физическим механизмом, а не представляет собой некую абстрактную иллюзию.

Другими словами, поскольку существование массы связано с фактом хода времени, то из безусловной реальности массы следует реальность самого хода времени.

Это приводит ко второй части конструируемого определения:

«*Время – это комплекс (физических) явлений, обеспечивающих монотонное и самопроизвольное нарастание в координатном кортеже координат массивных материальных частиц по метрически выделенному измерению*».

Что это за комплекс, мы пока не знаем, но можем наблюдать результат его действия.

1.3.3. Итоговое рабочее определение физического времени

Объединив обе части определения, получим [11]:

Определение Времени 1.4. *Время есть совокупность:*

- *метрически выделенного измерения (размерности) в составе четырехмерного Лоренцева многообразия;*

- *и комплекса (физических) явлений, обеспечивающих монотонное и самопроизвольное нарастание в координатном кортеже координат массивных материальных частиц по метрически выделенному измерению.*

Подчеркнем, что обе части данного определения имеют надежную экспериментальную основу.

Как мы видим, оно состоит из двух частей, отражающих две существенно отличающиеся стороны времени. Два разных свойства в одном флаконе. Такую двойственность удобно именовать свойством *амбивалентности времени* [12].

Смешивание этих принципиально различающихся сторон приводило и приводит к большому числу недоразумений при обсуждении проблематики времени.

Первую часть в определении будем именовать статической частью определения времени, вторую часть — динамической.

Рассмотрим теперь, какой вид должен иметь координатный кортеж массивной физической частицы в соответствии с данным определением.

1.4. Интервал протяженности и интервал нарастания

В записи координатного кортежа пространственные компоненты могут быть представлены как интервалы пространственной *протяженности*, а метрически выделенная компонента — интервала *нарастания*, поскольку ее значение непрерывно нарастает.

В чем отличие этих интервалов? Стоит ли вводить такое разделение понятия пространственного интервала?

Интервал протяженности представляет собой замкнутый интервал (отрезок) $[x_1,x_2]$ на числовой оси множества вещественных чисел **R**, заданный между двумя граничными вещественными числами x_1 и x_2, плотно заполненный в соответствии с отношением порядка бесконечным множеством промежуточных вещественных чисел.

Другими словами, при $x_1 < x_2$, $x_1 \in \mathbf{R}$, $x_2 \in \mathbf{R}$ можно записать:

$$[x_1,x_2] = \{x \in \mathbf{R}\colon x_1 \le x \le x_2\}.$$

Это стационарная конструкция, в которой порядок следования граничных чисел x_1 и x_2 не играет принципиальной роли.

Такой интервал характеризуется положением граничных чисел и фиксированной длиной, протяженностью:

$$\Delta_п x = |x_2 - x_1| = |x_1 - x_2|. \qquad (1.1)$$

Интервал нарастания — замкнутый интервал, который отличается от интервала протяженности тем, что его правая граничная точка $x\uparrow$ испытывает непрерывное смещение в сторону больших значений (вправо) на числовой оси, при неизменном положении левой граничной точки x_0. Далее будем записывать такой интервал в виде $[x_0,x\uparrow]$.

При $x_0 \le x\uparrow$, $x_0 \in \mathbf{R}$, $x\uparrow \in \mathbf{R}$ можно записать:

$[x_0,x\!\uparrow] = \{x \in \mathbf{R}: x_0 \le x \le x\!\uparrow\}.$

Такой интервал имеет переменную длину:

$$\Delta_{н} x = x\!\uparrow - x_0 . \qquad (1.2)$$

Эти виды интервалов имеют следующие принципиальные отличия.

1. Длина интервала нарастания непрерывно возрастает, длина интервала протяженности постоянна.

2. Для интервала нарастания все пробегаемые промежуточные точки имеют существенное значение, как и граничные. Для интервала протяженности значение имеют граничные точки.

3. В интервале нарастания (1.2) порядок следования граничных чисел $x_0, x\!\uparrow$ жестко определен, и поменять их местами невозможно. В отличие от интервала протяженности (1.1), который безразличен к порядку следования граничных чисел x_1 и x_2. Другими словами, интервал нарастания ориентирован, а интервал протяженности — нет.

В интервале протяженности свойства всей числовой оси вещественных чисел (например полнота) передаются интервалу. Мы как бы ножницами делаем разрезы на обоих граничных точках и вырезаем интервал.

На интервале нарастания, как мы видим, проявляются новые свойства, которыми не обладает множество вещественных чисел. В частности динамичность, т.е. способность к увеличению длины интервала.

В интервале нарастания каждое новое число тесно связано с предшествующим, поскольку оно из него вырастает. Такой связи нет в интервале протяженности. Другими словами, интервал нарастания отличается от интервала приращения тем, что каждое новое число, включаемое в состав интервала по мере его возрастания, должно быть получено с учетом величины предшествующего. Т.е. числа, входящие в интервал, здесь не просто линейно упорядочены вдоль числовой оси, должен быть линейно упорядочен и сам процесс их последовательного получения.

А интервал протяженности не имеет ограничений по порядку его заполнения числами. Когда солдаты выстраиваются по росту, безразлично, кто раньше, а кто позже займет свое место. Тогда как в интервале нарастания все встают в шеренгу строго по очереди.

Интервалы нарастания, несмотря на полное отсутствие интереса к себе со стороны математиков, на самом деле очень широко распространены в математических исследованиях.

Например, в анализе исследование функции проводится путем «пробегания» аргумента по области определения. Такое приращение аргумента (независимой переменной) приводит к изменению по заданному закону значений функции. По сути, мы здесь видим трансформацию прироста аргумента в прирост значений функции. Что при этом происходит со значениями функции изучается в рамках анализа, а вот что происходит с нарастающим аргументом, остается «за кадром». Здесь как раз и проявляются свойства интервала нарастания.

«Пробегание» аргумента обеспечивает сам математик, который, как известно, математическим объектом не является.

В физике то же самое. Когда мы говорим о некоем «генераторе», например возрастании силы электрического тока, мы видим, что с *течением времени* сила тока растет. И по сути дело опять сводится к трансформации прироста времени в прирост выходного параметра.

Как остроумно заметил известный польский писатель и философ Станислав Ежи Лец: «*В настоящей бомбе … взрывчатым веществом является время*» [13].

Проиллюстрировать различие между интервалом протяженности и интервалом нарастания можно следующим примером.

Иллюстративный пример. *Интервал протяженности* от Москвы до Парижа равен расстоянию по прямой в 2 487 км. Другими словами, расстояние между этими городами равно указанной величине. И нам совершенно все равно, рассматривается ли при этом расстояние между Москвой и Парижем или между Парижем и Москвой. Т.е. интервал протяженности сам по себе не ориентирован.

Между конечными точками интервала (Москва, Париж) находятся города Берлин и Вильнюс. Для характеристики рассматриваемого интервала протяженности нам это совершенно безразлично.

Совсем иная ситуация при рассмотрении *интервала нарастания*. Здесь интервал нарастания от Москвы до Парижа совсем не то, что интервал нарастания от Парижа до Москвы. К примеру, если вы находитесь в Москве и вам нужно лететь в Париж, а у вас на руках оказались билеты из Парижа в Москву, то такая ситуация вас серьезно огорчит. Полет между граничными пунктами путешествия всегда ориентирован.

Кроме того, у городов Берлина или Вильнюса вас может встретить грозовой фронт и вам придется прекратить полет. Выходит — проход промежуточных пунктов приобретает существенное значение и может сказаться на итоговой длине интервала нарастания.

Принципиальная разница между интервалами протяженности и интервалами нарастания, к сожалению, до сих пор не нашла надлежащего исследования в рамках современной математической науки.

Но такая потребность существует, если мы беремся изучать физическую природу времени.

Для изучения свойств интервалов нарастания требуется специальный математический аппарат.

1.5. Самонарастающие числа

Итак, компонента x^0 координатного кортежа любой массивной материальной частицы в четырехмерном пространстве-времени самопроизвольно испытывает постоянный рост.

Следовательно, общепринятая запись координатного кортежа в виде (x^0,x^1,x^2,x^3) в определенном смысле является некорректной, так как компонента x^0 с одной стороны и компоненты x^1,x^2,x^3 - с другой имеют существенно отличающиеся свойства.

Самонарастающую компоненту x^0 невозможно описать существующими математическими методами.

Потребность учета этого факта в записи координатного кортежа является основанием для введения особого математического объекта, который представляет собой класс «самонарастающих чисел», с помощью которых можно описать интервалы нарастания.

Иллюстративный пример. Из двух транспортных средств что сложнее — автомобиль или велосипед? Конечно — велосипед — его полное описание как транспортного средства неизбежно должно включать описание мышечной, нервной и прочих систем человека, а автомобиль при нажатой и зафиксированной педали газа в этом не нуждается.

Так и процесс нарастания независимых переменных, который сейчас широко используется в математике — для его полного описания нам придется описывать самого математика.

Чтобы избавиться от этой проблемы, нам необходимы самонарастающие числа, это подобно переходу в наших расчетах от велосипеда к автомобилю.

Наглядно объект этого класса (самонарастающих чисел) представляет собой интервал нарастания, правая граничная точка которого монотонно и равномерно смещается в положительном направлении от некоторого начального положения. О таких числах я уже говорил на одном из предшествующих семинаров. Вкратце можно сказать так.

Определение самонарастающего числа 1.5. *Самонарастающим числом* $G(g_0,f)$ *будем называть порождаемое текущим значением* $g\uparrow$ *подмножество вещественных чисел на числовой оси, которое заключено в замкнутом интервале* $[g_0,g\uparrow]$ *с переменной длинной, левая граничная точка которого (базовое значение)* g_0 *фиксирована, а правая граничная точка (текущее значение)* $g\uparrow$ *не фиксирована, но испытывает постоянное спонтанное монотонное и равномерное смещение (нарастание) по заданной формуле нарастания* f *от базового значения* g_0*, такое, что:*

если имеется текущее значение числа $g_i\uparrow = a$*, где* a *– некоторое вещественное число, то для любого произвольно взятого вещественного числа* $b > a$ *существует такое последующее текущее значение числа* $g_j\uparrow$*, что* $g_j\uparrow = b$*, и* $g_j\uparrow > g_i\uparrow$*.*

Допустим теперь, что мы выполняем несовместные измерения текущего значения самонарастающего числа, и нумеруем эти измерения. Пусть i и j – номера несовпадающих измерений значения самонарастающего числа G, а $g_i\uparrow \in G$ и $g_j\uparrow \in G$ соответственно значения, полученные в результате этих измерений. Тогда для любых $g_i\uparrow$ и $g_j\uparrow$ при $i \neq j$ выполняется $g_i\uparrow \neq g_j\uparrow$:

$$\forall\, i,j \in N,\ i \neq j \Rightarrow g_i\uparrow \neq g_j\uparrow.$$

Другими словами любые два несовместных измерения текущего значения самонарастающего числа дадут разные результаты.

Причем из $i < j$ следует $g_i\uparrow < g_j\uparrow$:

$$\forall\, i,j \in G\ N,\ i < j \Rightarrow g_i\uparrow < g_j\uparrow.$$

Это свойство отражает монотонность нарастания.

Как следует из определения, самонарастающее число G формируется множеством вещественных чисел, заключенных в замкнутом интервале $[g_0,g\uparrow]$. Это интервал постоянно пополняется новыми числами, порождаемыми текущим значением $g\uparrow$ по мере его роста.

Для построения алгебры самонарастающих чисел удобно использовать методы интервального анализа.

Учитывая, что $g_0 \leq g\uparrow$, $g_0 \in \mathbf{R}$, $g\uparrow \in \mathbf{R}$ можно записать:

$$G(g_0,f) = \{x_i \in \mathbf{R}\colon g_0 \leq x_j \leq g_i\uparrow,\ x_j = g_j\uparrow,\ j = 0,1,2,...i,\ i = 0,1,2,...,\ f(g_i\uparrow),\}. \qquad (1.3)$$

Равномерность нарастания связана с однородностью множества G: поведение самонарасатющего числа не зависит от выбора исходного значения g_0. Обобщения понятия самонарастающего числа, в том числе и на комплексную плоскость, мы сейчас рассматривать не будем.

Из определения следует, что если время представимо в виде числовой оси, и каждая точка этой оси времени определяет некоторое фиксированное мгновение, то текущее значение самонарастающего числа, заданного на этой оси, будет представлять текущий момент времени. Например, момент Настоящего, непрерывно смещающийся в положительном направлении оси.

Таким образом, компонента x^0 в координатном кортеже материальной частицы может быть представлена текущим значением самонарастающего числа.

Ключевой особенностью самонарастающих чисел является их способность к постоянному увеличению своего текущего значения. Это свойство отражается формулой нарастания.

1.6. Формула нарастания

Существует ли вообще такая формула? Либо мы должны допустить возможность описания процесса спонтанного нарастания, т.е. существование формулы нарастания, либо допустить, что такое описание невозможно в принципе. Но второй вариант приводит к некоей непознаваемой процедуре, с некими процессами, лежащими за гранью нашей реальности. С таким мистическим подходом трудно согласиться. Поэтому мы будем полагать, что такая формула существует.

Не будем останавливаться на очевидной сложности построения формулы нарастания, которая заключается в том, что для описания процесса нарастания мы не можем использовать время. Другими словами, запись текущего значения в виде нарастающей величины:

$$g\uparrow = kt$$

нас не устраивает из-за присутствия величины t, которая сама по себе является предметом нашего изучения.

Отметим, что мы не можем использовать дифференциальные выражения вида $\frac{dy}{dt}$, поскольку стоящее в знаменателе выражение само должно испытывать приращение, которое как раз и является предметом исследования.

Может ли формула нарастания быть представлена некоторой аналитической функцией вещественного переменного вида $f(x)$? Нет, не может, так как эта функция есть по сути трансформация аргумента x. Но процесс изменения самого этого аргумента такой функцией не описывается, поэтому все функции данного вида для нас бесполезны.

Остается единственный вариант — функция нарастания должна порождать свои значения из самой себя. Аргументом для нее могут быть только ее собственные значения. Как построить такую функцию?

Как было отмечено выше, поскольку формуле нарастания приходится работать автономно, то аргументом для искомой функции нарастания могут служить только ее собственные значения, полученные ранее. Других переменных в ее распоряжении нет.

Таким образом, в процессе самонарастания со всей неизбежностью возникает необходимость в обращении функции к самой себе, т.е. должны проявляться свойства *рекурсии*.

Текущему значению самонарастающего числа приходится как бы «опираться» на свое предшествующее значение для того, чтобы обеспечить себе прирост.

Чтобы предшествующее значение могло служить исходным для формирования нового значения, текущее значение самонарастающего числа должно быть отделено от предшествующего. Это необходимо для того, чтобы аргумент функции нарастания - (предшествующее значение) - стал определенным и функция нарастания вследствие этого могла стать выполнимой.

Следовательно, формирование текущего значения самонарастающего числа может быть осуществлено только после того, как будет полностью закончено формирование предшествующего значения. Иначе выполнить операцию суммирования, которая приводит к нарастанию числа, невозможно. Это требование необходимо для обеспечения последовательности нарастания.

Самонарастание числа возможно только в том случае, если оператор нарастания заложен в самой структуре числа. Завершение формирования текущего значения самонарастающего числа запускает заложенный в нем оператор нарастания, и процесс нарастания возобновляется.

Рассмотрим подробнее, каким образом одна величина a становится больше другой b (в частности в процессе роста). Пусть $a,b \in \mathbf{R}$, $a \neq b$ и

$$b > a.$$

Отсюда

$$b - a > 0.$$

Следовательно, между этими числами всегда имеется ненулевой интервал Δ:

$$\Delta = b - a > 0.$$

Интервал Δ может быть сколь угодно малым, но в любом случае не равным нулю.

Каким образом число a может вырасти до числа b? Единственным образом. Как следует из предыдущей формулы, при переходе от числа a к числу b мы должны реализовать следующее соотношение:

$$b = a + \Delta. \tag{1.4}$$

Другими словами, если мы хотим увеличить число a до не равного ему числа b, мы должны добавить к нему путем операции сложения необходимый ненулевой интервал Δ. Сложение есть соединение в новом числе предшествующего значения числа с «добавкой», обеспечивающей превышение нового числа по отношению к предыдущему.

Формула (1.4) показывает механизм прироста вещественного числа. Следовательно, именно она должна лечь в основу формулы нарастания.

С учетом сказанного и принимая во внимание соотношение (1.4), формула нарастания может быть выражена следующим образом:

$$g_0\uparrow = g_0,$$

$$g_i\uparrow = g_{i-1}\uparrow + \Delta g. \tag{1.5}$$

Свойство нарастания выражению (1.5) придает заложенная в ней процедура суммирования, поскольку на множестве вещественных чисел она удовлетворяет аксиоме Архимеда.

Величина Δg определяет темпы нарастания.

При $\Delta g > 0$ эта формула обеспечивает нарастание текущего значения, при $\Delta g = \text{const}$ такое нарастание является равномерным и монотонным, что представляет для нас наибольший интерес (любое неравномерное нарастание можно описать соответствующей функцией, аргументом которой будет равномерно нарастающее число).

При $\Delta g = 0$ прирост отсутствует и самонарастающее число становится вырожденным (утрачивает свойство нарастания).

Нетрудно видеть, что формула (1.5) удовлетворяет требованиям определения самонарастающего числа.

Принимая во внимание, что нарастание начинается от базового значения g_0, можно формулу нарастания представить в эквивалентном виде:

$$g_0\uparrow = g_0,$$

$$g_i\uparrow = g_0 + \sum_{j=1}^{i} \Delta g_j . \tag{1.6}$$

В итоге интервал нарастания (формирующий самонарастающее число (1.3)) может быть определен следующим образом:

$$[x_0,x\uparrow] = \{x_i \in \mathbf{R}\colon g_0 \le x_j \le g_i\uparrow,\ x_j = g_j\uparrow,\ j=0,1,2,...i,\ \ i=0,1,2,\ldots,\ f\,(g_i\uparrow,\ g_{i-1}\uparrow,\Delta g)\}. \qquad (1.7)$$

С учетом введения понятия самонарастающего числа, запись координатного кортежа (x^0,x^1,x^2,x^3) приобретает вид: $(x^0(g\uparrow),x^1,x^2,x^3)$, где компонента x^0 включает в себя текущее значение самонарастающего числа $g\uparrow$.

1.7. Течение времени — иллюзия или физическая реальность?

Нарастание одной из координат в координатном кортеже в соответствии с данным выше определением движения 1.2. свидетельствует о наличии процесса постоянного движения для любой массивной частицы.

Поскольку такое движение связано с компонентой x^0, естественно связывать такое движение с явлением течения времени.

Подобно тому, как при пространственном движении оно может быть описано приборами (спидометром и одометром), движение, связанное с течением времени, может быть описано с помощью часов. Хотя физические часы не всегда являются для этого надежным прибором [14].

Если мы принимаем точку зрения Минковского о неразрывном единстве пространства и времени и согласны с тем, что окружающее нас пространство — реальность, то можно полагать, что время реально на столько же, насколько реально пространство, и наоборот, пространство реально в той же степени, насколько реально время.

Но это касается первой части нашего определения времени. А вот вторая часть — течение времени, является иллюзией или реальностью?

Как уже отмечалось выше, Эйнштейн понятия настоящего, прошлого и будущего, следующие из понятия течения времени, считал иллюзией. Этого подхода придерживались и многие известные физики. В частности Г. Вейль полагал: “Лишь для взора моего сознания, карабкающегося по линии жизни моего тела, порождается часть мира как образ, плывущий в пространстве и непрерывно меняющийся во времени» [15]. Такой подход закрепил представление, что, как отметил Ли Смолин, «в общепринятой научной картине мира время иллюзорно» [1].

Однако стоит заметить, что множество сознаний жителей Земли движутся по своим линиям подозрительно синхронно, и это создает проблему для такого подхода. Добавим, что нет убедительных фактов или подтверждающих экспериментов в его пользу.

Учитывая столь авторитетную точку зрения, если встать на противоположную позицию и полагать, что течение физическое времени – реальность, необходимо ее подтвердить экспериментально. Только в этом случае она будет иметь право на жизнь.

Сложность в том, что вероятный процесс движения происходит в скрытом от нас измерении. Как обнаружить это таинственное и неуловимое движение? Ведь это, пожалуй, самый влиятельный процесс во вселенной - он отвечает за любую изменчивость.

1.7.1. Существует ли принципиальная возможность экспериментально установить, является ли течение времени иллюзией или реальным физическим движением?

Есть ли признаки, позволяющие отличить реальное физическое движение от иллюзии движения?

Да, есть.

Примером иллюзии движения является бег солнечного зайчика. В чем это выражается?

Такое движение, кроме наблюдаемого изменения пространственного положения, не обладает необходимыми атрибутами физического движения, в частности кинетической энергией. Следовательно, при резкой остановке такого движения – например при столкновении с препятствием - ничего произойти не может. Остановка иллюзорного движения может остаться без каких-либо последствий.

Совсем иное дело, если речь идет о реальном физическом движении, например стального шарика. Все физические атрибуты движения, включая импульс и кинетическую энергию, находятся при нем. Следовательно, при резкой остановке движения должны происходить соответствующие физические изменения: кинетическая энергия из-за остановки движения утрачивается. В силу закона сохранения энергии она исчезнуть без последствий не может и переходит в другую форму. Другими словами, остановка физического движения обязательно должна сопровождаться выбросом высвободившейся энергии в электромагнитной или иной форме (который можно зарегистрировать). Без реальных последствий остановка физического движения остаться не может.

Эту идею можно использовать для того, чтобы отличить иллюзорное движение от реального физического движения.

Можем ли мы предложить эксперимент, основанный на таком подходе и доказывающий реальность хода времени?

Да, можем.

Более того, необходимые эксперименты фактически уже были проведены. Нам остается провести их темпоральный анализ и дать полученным результатам темпоральную интерпретацию.

1.7.2. Эксперимент барона Блэкетта и его темпоральный анализ

Примером эксперимента, позволяющего сделать выбор в пользу реального или иллюзорного движения времени, является эксперимент барона Блэкетта, поставленный в 1933 году. Он добился взаимодействия бесструктурных элементов - электрона и позитрона. В темпоральном виде запись происшедшей реакции имеет вид:

$$e^-|_{dt \neq 0} + e^+|_{dt \neq 0} \rightarrow 2\gamma|_{dt = 0}. \qquad (1.8)$$

Здесь выражения $dt = 0$ и $dt \neq 0$ показывают наличие хода и отсутствие хода времени у соответствующих элементов вещества, вступившего в реакцию. В этой записи хорошо видно, что до реакции вещество участвовало в ходе времени ($dt \neq 0$). Происшедшая реакция вызвала остановку хода времени ($dt = 0$) у участвовавшего в ней вещества.

Эта остановка хода времени привела к выбросу энергии, уносимой двумя γ-квантами. Т.е. сопровождалась реальными физическими проявлениями, что было бы невозможно, если бы ход времени был иллюзией.

Таким образом, темпоральный анализ этого эксперимента дает однозначный ответ на поставленный вопрос в пользу реальности физического движения времени.

Поскольку все участвовавшее в реакции вещество утратило массу, этот эксперимент позволяет точно определить величину утраченной энергии движения времени E_t, так как в силу закона сохранения энергии она должна полностью перейти в выделившуюся энергию излучения. Эта энергия оказалась равной энергии покоя исходного вещества E_0:

$$E_t \equiv E_0. \qquad (1.9)$$

Следовательно, можно полагать, что энергия движения вещества во времени представлена его энергией покоя. В пользу этого говорит тот факт, что полностью неподвижные в пространстве массивные тела, тем не менее, обладают энергией покоя, что вполне согласуется с предложенным представлением энергии покоя как энергии движения во времени при неподвижности тела в пространстве.

Итак, темпоральная интерпретация описанного эксперимента дает все основания полагать, что течение времени по сути есть механическое движение массивных частиц в скрытом временном измерении. Это и есть экспериментальное доказательство реальности течения физического времени.

Обратим внимание, что трактовка энергии покоя E_0 как энергии течения времени E_0 выглядит более логичной и естественной, чем предложенная Эйнштейном - как некоей энергии неопределенной природы, которой почему-то обладают все массивные тела. Действительно, в нашем случае полная энергия массивного тела E равна сумме энергий движения в пространстве и движения во времени, против эйнштейновской трактовки полной энергии как суммы энергии движения в пространстве и энергии покоя:

$$E = E_n + E_t = E_n + E_0. \tag{1.10}$$

Следует отметить также, что темпоральный анализ свидетельствует о том, что любой акт электромагнитного излучения или поглощения можно связать с локальными актами остановки или запуска хода собственного времени у связанных с этими актами частиц и систем.

1.7.3. Течение времени и изменчивость

Опираясь на эти результаты, можно сформулировать следующий тезис.

Тезис. *Течение времени в нашем наблюдаемом мире проявляется в виде упорядоченной изменчивости, индуцируемой поступательным движением массивных частиц, состоящих из них объектов и систем, в метрически выделенном ненаблюдаемом (скрытом) измерении.*

По сути, речь идет о том, что такое равномерное поступательное внепространственное движение в собственном времени трансформируется в обширный диапазон пространственных движений подобно тому, как равномерное монотонное движение кинопленки в киноаппарате на экране превращается во все многообразие явлений нашего мира.

Можно сказать, что первая сторона времени в моем определении позволяет построить каркас нашего мира, а вторая – вдохнуть в него жизнь. В этом единство и различие обоих сторон времени, его амбивалентность.

Когда речь идет о реальности, считается само собой разумеющимся, что действует принцип: «...все, что реально, существует в настоящий момент времени», см. например книгу Ли Смолина [1]. Если следовать этому принципу, мы со всем своими багажом и окружением непрерывно переселяемся из момента в момент, поддерживая этим свою реальность. Такое «переселение» по существу и есть движение во времени.

Вместе с тем этот принцип совсем не очевиден, и если учесть запрет на трансвременные взаимодействия (о чем я говорил на семинаре в 2011 году) можно допустить, что материя нашей Вселенной не сосредоточена только в одном единственном моменте настоящего, в котором мы находимся, а может существовать и в отличные от него моменты времени.

«Теперь я убежден, что время – это ключ к квантовой теории»
Ли Смолин. «Возвращение времени. От античной космогонии к космологии будущего».

Часть II. Свойства течения времени как физического явления

Чтобы убедиться, что мы на правильном пути, необходимо рассмотреть свойства течения времени, следующие из наших построений и удостовериться, что они вписываются в реальную картину мира, которую мы наблюдаем.

Поскольку явление течения времени мы изучаем с помощью модели самонарастающих чисел, мы в первую очередь должны исследовать их свойства.

2.1. Применение самонарастающих чисел для изучения явления течения времени

2.1.1. Элемент приращения

Ключевым элементом самонарастающего числа является величина Δg в формуле нарастания (1.5), определяющая основные его свойства. Будем называть ее *элементом приращения*.

Нетрудно видеть, что она близка к понятию дифференциала. В математическом анализе дифференциал независимой переменой является ее приращением:

$$dx = x - x_0.$$

Соответственно

$$x = x_0 + dx,$$

что вполне соответствует соотношению (1.5). Δg не зависит от текущего значения $g\uparrow$, также как и dx не зависит от x. Разница между дифференциалом независимой переменной dx и элементом приращения Δg по сути заключается в порядке применения — элемент приращения имеет постоянную величину и является частью процедуры последовательного и равномерного нарастания независимой переменной, в то время как на дифференциал dx таких ограничений не накладывается (он сам является величиной переменной).

2.1.2. Проблема непрерывности нарастания

Нарастание независимой переменной dx на некотором замкнутом интервале вещественных чисел в математическом анализе по своей природе считается непрерывным *apriori*. Но так ли это на самом деле? Серьезных исследований в этом направлении не проводилось.

Между тем дифференциал независимой переменной dx, находящийся в знаменателе производной $df(x)/dx$, всегда отличен от нуля. Иначе производная потеряет смысл. Следовательно, $dx \neq 0$ и в силу этого он не может быть представлен точкой на числовой оси, а представляет собой достаточно малый, но все равно интервал. Любой интервал представляет собой некоторое множество вещественных чисел. И согласно результатам теории множеств (Р. Дедекинд, Г. Кантор [16,17]) множество этих чисел на любом интервале числовой оси бесконечно велико независимо от длины интервала, даже если эта длина неограниченно стремится к нулю.

Если при выполнении операций матанализа нас это в большинстве случаев нас не очень затрагивает (возникающие сложности обходятся с помощью понятия предела), то при исследовании процесса самопроизвольного нарастания переменной факт ненулевой протяженности дифференциала независимой переменной dx (точнее, в этом случае уже элемента приращения Δg) становится существенным.

Действительно, нарастание любой переменной состоит в том, что к ней добавляется некоторая ненулевая величина (дифференциал dx или в нашем случае элемент приращения Δg), представляющая собой на оси вещественных чисел некоторый (пусть и сколь угодно малый) интервал. В противном случае нарастание переменной просто не произойдет.

Размещенный на числовой оси вслед за переменой x, такой интервал «маскирует», закрывает собой соответствующий участок этой оси. Поскольку следующее значение переменной становится $(x + dx)$, переменная в своем движении (нарастании) как бы «перепрыгивает», совершает «скачок» через этот интервал dx (или Δg в нашем случае).

Следовательно, переменная в своем движении «теряет» значения, заключенные в интервале dx. Как мы уже упоминали, согласно теории множеств в любом интервале числовой оси содержится бесконечно много вещественных чисел. Процесс нарастания переменной приводит к потере бесконечного множества ее значений!

Эти рассуждения порождают сомнения в возможности непрерывного нарастания независимой переменной.

2.1.3. Теорема о неполноте множеств, порождаемых самонарастающими числами

Для исследования вопроса непрерывности нарастания переменной, представленной самонарастающим числом, необходимо остановиться на понятии полноты множества чисел, порождаемых таким нарастанием.

Чтобы некоторое линейно упорядоченное множество $M \subset \mathbf{R}$ было полным, оно должно удовлетворять аксиоме непрерывности: для любых $a \in M$ и $b \in M$, $a \le b$, всегда найдется $c \in M$, такое, что будет выполняться неравенство:

$$a \le c \le b. \tag{2.1}$$

Обратно, множество $M \subset \mathbf{R}$ будет не полно, если:

$$\exists\, a \in M \;\; \exists\, b \in M,\; \exists\, c \in \mathbf{R} \;\; a \le c \le b \Rightarrow c \notin M.$$

Другими словами, множество $M \subset \mathbf{R}$ будет не полно, если существуют такие $a \in M$ и $b \in M$, $a \le b$, $c \in \mathbf{R}$, что при выполнении неравенства (2.1) $c \notin M$.

Принимая этот факт во внимание, покажем справедливость следующей теоремы.

Теорема (о неполноте). *Множества, порождаемые самонарастающими числами, не полны.*

Для доказательства теоремы воспользуемся сечениями Дедекинда [16].

Пусть на множестве вещественных чисел **R** вещественное число c производит сечение A|B такое, что множества A и B удовлетворяют условиям:

$$A \ne \varnothing \; B \ne \varnothing;$$

$A \cup B = \mathbf{R}$;

$\forall a \in A\ \forall b \in B\ \ (a < b)$;

$\exists c \in A\ \ (c < b)\ \ (a < c)$.

Положим, что на множестве **R** существует также число *d*, производящее сечение A*|B* такое, что

$A^* \neq \varnothing\ B^* \neq \varnothing$;

$A^* \cup B^* = \mathbf{R}$;

$\forall a^* \in A\ \forall b^* \in B^*\ \ (a^* < b^*)$;

$\exists d \in B^*\ \ (a^* < d)\ \ (b^* > d)$.

Поскольку сечения Дедекинда однозначно определяют вещественное число, то из условия $c = d$ следует $A = A^*$ и $B = B^*$. Если же числа *c* и *d* различаются между собой, т. е. $c \neq d$, то $A \neq A^*$ и $B \neq B^*$.

Пусть *G* – линейно упорядоченное множество, порождаемое самонарастающим числом, и $G \subset \mathbf{R}$. Положим, что текущее значение самонарастающего числа $g\uparrow \in G$ получило значение $g\uparrow = c$. В результате процесса нарастания по формуле нарастания (1.5) оно возросло на величину элемента нарастания $\Delta g \neq 0$ и приняло значение *d* ($c < d$).

Выполним сечение A|B* этого множества в точке *c* следующим образом:

$A \neq \varnothing\ B^* \neq \varnothing$;

$A \cup B^* = G$;

$\forall a \in A\ \forall b^* \in B^*\ \ (a < b^*)$;

$\exists c \in A\ \ (a < c),\ \ \exists d \in B^*\ (c < d)\ \ (d < b^*)$,

Поскольку интервал $\Delta g = d - c$ не может состоять из одной точки, то как бы близко не были расположены числа $d - c$, они неизбежно образуют интервал, плотно заполненный бесконечным числом вещественных чисел.

Подчеркнем, даже если интервал $d - c$ будет сколь угодно мал.

Рассмотрим множество *G*, приняв во внимание, что непустой интервал A*-A этому множеству в результате процесса нарастания не принадлежит. Выполним теперь сечение этого множества в точке *c*. В этом случае максимальный элемент множества A и минимальный элемент множества B*, включаемые в *G* в процессе нарастания, не будет совпадать между собой

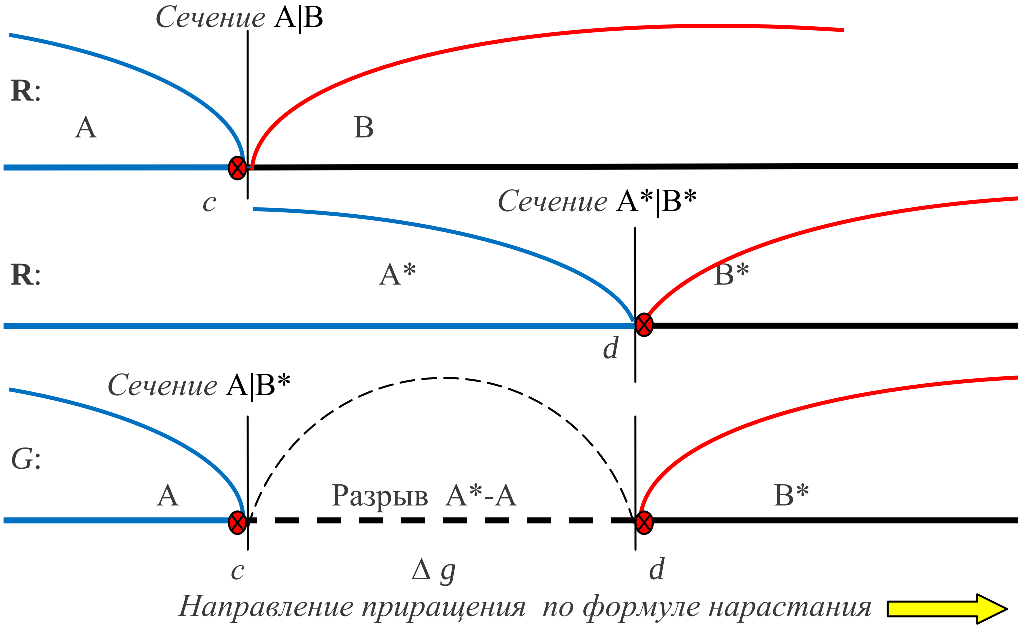

Рис.1. Возникновение разрыва A*- A в множестве *G*.

.

Но наличие двух не совпадающих предельных точек означает разрыв множества вида *скачок*, порождаемый возрастанием текущего значения самонарастающего числа.

Следовательно, как бы ни были близко расположены точки, составляющие множество *G*, на этом множестве неизбежно будут разрывы. Наличие таких разрывов приводит к неполноте множества *G*.

Поскольку интервал A*-A содержит вещественные числа, которые по мере нарастания текущего значения не становятся членами множества *G*, то вышеуказанные условия аксиомы непрерывности на этом множестве не выполняются, что и доказывает теорему.

Мы не можем указать точную величину элемента приращения Δg (в противном случае мы смогли бы указать его еще меньшее значение), но она обязательно будет больше нуля – иначе движения переменной не произойдет.

А раз она будет больше нуля, значит при наращивании переменной скачок неизбежен.

Если в процессе роста независимого переменного непрерывность нарастания неизбежно нарушается на множестве вещественных чисел **R**, то, возможно, нам удастся исправить положение путем расширения этого множества до множества гипервещественных чисел ***R**?

Это позволит использовать актуальные бесконечно малые величины в качестве элементов приращения.

С этой целью воспользуемся результатами нестандартного анализа [18,19].

К каждому вещественному числу поле гипервещественных чисел добавляет своего рода ореол из бесконечно малых чисел δ. Бесконечно малая δ определяется как инфинитезимальный элемент, задаваемый соотношением $0 < \delta < 1/n$, где n - любое натуральное число. Попытаемся «заткнуть» образовавшиеся «дырки» с помощью таких элементов. Воспользуемся формулой нарастания в виде (1.6), приняв в качестве элемента приращения актуальную бесконечно малую величину δ. В этом случае формулу нарастания можно записать следующим образом:

$$x_i = x_0 + \sum_{j=1}^{n=i} \delta_j \ . \qquad (2.2)$$

Любая конечная сумма бесконечно малых элементов сама является бесконечно малой величиной. Следовательно, по сути по этой формуле никакого нарастания не произойдет. Действительно, если нарастание должно происходить от вещественного числа a до вещественного числа b на числовой прямой, то интервал между ними $[b - a]$ тоже будет вещественным числом. Но так как бесконечно малый элемент или их конечная сумма всегда меньше любого вещественного числа, то при $n \neq \infty$ всегда будет выполняться соотношение:

$$[b - a] > \sum_{j=1}^{n} \delta_j \ .$$

В результате участок $[b - a]$ оказывается непреодолимым для самонарастающего числа, элементом приращения которого является актуальная бесконечно малая. Поскольку вещественные числа a и b мы взяли произвольно, то мы их может сколь угодно сблизить, однако это не решает нашу задачу.

Отсюда следует, что при условии $n \neq \infty$ самонарастающее число вообще нарастать не сможет. Это прямое следствие того, что поле гипервещественных чисел представляет собой *неархимедово* расширение поля вещественных чисел.

Рассмотрим теперь возможность $n = \infty$. Бесконечная сумма бесконечно малых элементов может иметь в качестве предела конечный вещественный интервал на числовой оси.

Однако здесь возникают трудности. Если под знаком суммирования будет $n = \infty$, значит, процесс суммирования будет идти постоянно и *никогда не закончится*.

Факт непрерывного нарастания переменной требует, чтобы эта переменная, нарастая в каком-либо интервале, последовательно пробегала в нем все *без исключения* промежуточные точки. Как бы мы не приближались к завершению, между любым текущим и конечным значением всегда будет лежать бесконечно много промежуточных точек, которые мы обязаны пройти. Их число никогда не уменьшается независимо от этапа суммирования.

Подчеркнем, что в формуле (2.2) для рассматриваемого случая нарастания замена знака суммирования на предел суммы неправомерно. Нас интересует сам процесс последовательного нарастания, а не искусственный скачок к заранее вычисленному пределу.

Отсюда следует, что реализовать такой бесконечный процесс суммирования в формуле нарастания невозможно.

Итак, привлечение гипервещественных чисел также не дает нам возможности построить непрерывный процесс самонарастания независимой переменной.

Но, возможно, существует какая-либо иная формула нарастания, не основывающаяся на процедуре суммирования? Реализация любой математической процедуры в конечном итоге всегда сводится к выполнению некоторой совокупности четырех арифметических действий. Очевидно, что вычитание и деление в процедуре нарастания основной операцией быть не могут. Умножение по своей сути есть многократное суммирование, а суммирование, как мы видим, не обеспечивает непрерывность процедуры нарастания. В связи с этим можно полагать, что формул нарастания, не использующих операции суммирования, не существует.

2.1.4. Дискретность течения времени

Итак, любое приращение значения любой величины, моделируемое самонарастающим числом, всегда является дискретным. Это важнейшее свойство самонарастающих чисел.

Можно сказать*, что мы не можем двигаться вперед, пробегать числовую ось так, чтобы по дороге не потерять какие-то числа*. Это особенность самого движения, нарастания числового массива. И она вполне применима к исследованию физических процессов, в том числе течению времени.

Возвращаясь с нашим результатом к определению времени, мы сталкиваемся с противоречием: время как *протяженность* (интервал) в четырехмерном лоренцевом многообразии может быть представлено непрерывной величиной (первая часть определения), а *течение* времени как приращение текущего момента времени происходит дискретно (вторая часть определения).

Такая двойственность времени (одновременно непрерывность и дискретность) является еще одним проявлением свойства амбивалентности физического времени.

Величина дискретности процесса нарастания определяется из физических соображений.

Итак, течение времени как физическое явление, моделируемое самонарастающими числами, не может быть непрерывным и должно обладать дискретностью движения. Соответственно, *дискретность хода времени в соответствии с классическим определением механического пространственного движения должна в свою очередь вызывать дискретность такого движения*.

Т.е. любое механическое движение в пространстве также оказывается дискретным.

Если этот вывод справедлив, то он неизбежно должен проявится в окружающем нас мире, полном пространственных движений. Это послужит подтверждением полученных выше результатов.

И он действительно проявляется.

2.2. Парадоксы (апории) Зенона

Впервые на проблемы общепринятого представления о движении обратили внимание греческие философы Зенон Элейский и Парменид еще 2,5 тысяч лет назад. В апориях Зенона делается, казалось бы, естественное предположение, что механическое пространственное движение непрерывно и в силу этого неограниченно делимо. Зенон показал, что такое представление приводит к логическим трудностям.

В качестве примера приведем апорию Зенона о быстром бегуне (Ахиллесе) и медленном бегуне (черепахе):

«Допустим, Ахиллес бежит в десять раз быстрее, чем черепаха, и находится позади нее на тысячу шагов. За то время, за которое Ахиллес пробежит это расстояние, черепаха в ту же сторону проползет сто шагов. Когда Ахиллес пробежит сто шагов, черепаха проползет еще десять шагов, и так далее. Процесс будет продолжаться до бесконечности, и Ахиллес никогда не догонит черепаху».

В логическом отношении апории Зенона составлены безукоризненно. В их основе – провал в бесконечность, следующий из допущения о бесконечной делимости движения и приводящий к парадоксальным результатам. Решение проблемы бесконечности имеется в философии Эпикура. Речь идет о введение дискретности. В изложении Александра Афродисийского: «Утверждая, что и пространство, и движение, и время состоят из неделимых частиц, они (последователи Эпикура) утверждают также, что движущееся тело движется на всем протяжении пространства, состоящего из неделимых частей, а на каждом из входящих в него неделимых частей движения нет, а есть только результат движения» [20]. Такой подход снимает бесконечности и разблокирует движение.

Анализируя попытки решить парадоксы Зенона, Д. Гильберт заметил: «Обычно это парадокс пытаются обойти рассуждением, что сумма бесконечного числа этих временных интервалов все-таки сходится, и, таким образом, дает конечный промежуток времени. Однако это рассуждение абсолютно не затрагивает один существенно парадоксальный момент, а именно парадокс, заключающийся в том, что некая бесконечная последовательность следующих друг за другом событий, последовательность, завершаемость которой мы не можем себе даже представить, на самом деле все-таки должна завершиться» [21].

По мнению Гильберта, общепринятое представление о неограниченной возможности деления этапов движения (т.е. о непрерывности самого процесса движения) может быть неверным: «Подобно тому, как при неограниченном пространственном дроблении вода перестает быть водой, при неограниченном дроблении движения также возникает нечто такое, что едва ли может быть охарактеризовано как движение» [21]. Р. Курант и Г. Роббинс, анализируя апории Зенона, также высказали предположение о необходимости существенно углубить наше понимание физического движения [22].

Анри Бергсон считал, что существует принципиальная разница между движением и пройденным расстоянием. Пройденное расстояние, с его точки зрения, можно произвольно делить, между тем как движение произвольному делению не поддается [23]. Такой взгляд соответствует полученным выше результатам, в частности амбивалентности времени.

В дискуссиях об апориях Зенона впервые была намечена линия преодоления «провала в бесконечность» через дискретность движения, представления его в виде неделимых малых интервалов движения.

В частности, мы видим удаленные галактики из-за квантования светового потока, поскольку неограниченное падение интенсивности волны с расстоянием ограничивается существованием квантов света.

Отметим, что сам факт существования апорий Зенона говорит о том, что мы на правильном пути.

2.3. Парадокс маляра

Другой пример преодоления «провала в бесконечность» дает парадокс маляра [24].

Суть этого парадокса в том, что с математической точки зрения фигуру с бесконечной площадью можно окрасить конечным количеством краски. К этому абсурдному выводу приводит математически безупречная процедура.

Рассмотрим бесконечную ступенчатую пластину, состоящую из бесконечного числа прямоугольников, прикрепленных к единой оси. Все прямоугольники имеют одинаковую площадь 1 см^2, общая площадь пластин в этом случае бесконечна. Первая пластина – это квадрат со стороной 1 см^2, второй – 0,5 см · 2 см^2, и каждая следующая вдвое уже и вдвое длинее предыдущей.

Чтобы ее покрасить, нужно бесконечное количество краски. Но существует иная возможность. Рассмотрим тело, образованное вращением пластины вокруг ее прямого бесконечного края. Представим это тело в виде сосуда. Он будет состоять из цилиндров. Высота k-го цилиндра равна 2^{k-1} см, радиус – 2^{1-k}, и объем – $\pi 2^{1-k}$. В результате объемы цилиндров образуют убывающую геометрическую прогрессию, которая имеет конечную сумму, равную 2π.

Заполним этот сосуд краской, количество которой будет, естественно, конечным, и опустим в него нашу ступенчатую пластину. Когда мы ее вытащим, она окажется окрашенной, несмотря на то, что имеет бесконечную площадь.

Здесь мы опять проваливаемся в бесконечность. Разрешается парадокс снова дискретностью: толщина краски не может быть меньше конечной величины (толщины ее молекулы), после которой окраска уже будет невозможна и процесс окраски прервется.

2.4. Что общего между парадоксами Зенона и ультрафиолетовой катастрофой?

Имеет ли ультрафиолетовая катастрофа, с которой физика столкнулась в начале прошлого века, к проблемам механического движения и течения времени?

Как оказывается, самое непосредственное.

Ультрафиолетовая катастрофа – парадокс теоретической физики, заключающийся в том, что полная мощность теплового излучения любого нагретого тела должна была оказаться бесконечной. Спектральная плотность энергии излучения должна была неограниченно расти по мере сокращения длины волны. Что на практике не наблюдалось.

Свое разрешение эта проблема получила в результате введения Максом Планком дискретности излучения. По Планку оно происходило в виде испускания квантов – небольших неделимых порций излучения.

Провал в бесконечность, как и в предыдущих случаях, парируется введением дискретности. Причем такое разрешение проблемы ультафиолетовой катастрофы привело к революции в физике - появлению квантовой механики.

2.5. Связь энергии течения физического времени с квантованием электромагнитного излучения

Как мы уже отмечали, энергию движения физического тела во временном измерении (течения времени для него) можно связать с энергией покоя этого тела.

Если наш вывод о дискретности любого механического движения, в том числе и течения времени, верен, то и энергия такого движения также должна быть дискретной, формироваться порциями.

Проверка этого факта является важнейшей задачей теории. И экспериментально наш результат подтверждается следующим.

На примере эксперимента Блэкетта видно, что при остановке хода времени энергия движения во временном измерении выбрасывается в виде электромагнитного излучения. Как мы выше показали, движение во времени дискретно, вследствие чего энергия такого движения формируется порциями, в результате чего она выбрасываться (при остановке движения во времени) тоже должна порциями. Следовательно, излучение, переносящую такую энергию, также должно осуществляться порциями.

Нетрудно видеть, что именно этот факт обнаружил Макс Планк, пытаясь разрешить ультрафиолетовую катастрофу. Он ввел в рассмотрение дискретность излучения, кванты, которые и являются такими порциями энергии остановленного времени. Существование квантов излучения к настоящему времени надежно подтверждено и сомнений не вызывает.

2.6. Главный вывод: источником квантования электромагнитного излучения являются свойства течения физического времени

Можно сделать следующий вывод, имеющий экспериментальную основу: истоки природы квантования физических явлений, описываемых квантовой механикой, лежат в особенностях физической природы течения времени – его дискретности, в неконтинуальности самой физической природы приращения.

На первый взгляд может показаться, что обнаруженное квантование самонарастающих чисел, которое мы распространили на любой вид приращений, является сугубо математической абстракцией. Однако следующее из этого свойства данных математических объектов квантование электромагнитного излучения подтверждено экспериментально и явилось в конечном итоге источником квантовой революции в физике и технике.

Понимание истоков квантовой механики и физической природы энергии течения времени позволит приоткрыть нам путь к неисчерпаемой кладовой энергии, известной нам сейчас как энергии покоя.

Заключение

В этой аудитории сейчас бурлит активная темпоральная жизнь: миллионы и миллионы актов остановки и запуска хода времени в виде излучений и поглощений квантов электромагнитного излучения. На каждый нуклон, собственное время которого идет, приходится до 20 миллиардов частиц (фотонов), ход собственного времени для которых остановлен [25].

Фотоны поглощаются, запуская ход времени, и излучаются, освобождаясь от его бега. Получается своего рода «круговорот времени в природе». Для нас еще очень таинственный.

Очень хотелось бы в этом разобраться. Для этого необходимо понять, что же это такое – физическое время, и постараться дать ему хотя бы рабочее определение. Я надеюсь, что первый шаг к этому сделан.

Ответы на некоторые вопросы, возникшие при обсуждении материалов данной работы

1. ***Не подрывает ли вывод о дискретности любого приращения обоснованность дифференциального и интегрального исчислений?***

Нет, и вот почему. В основе математического анализа лежит понятие предела бесконечной последовательности. Но при вычислении такого предела последовательности мы не движемся от начального члена к последующим, и так далее, а по определенному алгоритму сразу вычисляем итоговый результат. Таким образом, перебор всех членов последовательности отсутствует. Мы как бы «перепрыгиваем» через процесс движения вдоль последовательности сразу к нужному результату.

Другое дело самонарастающее число: при его формировании мы должны последовательно вычислить каждый его член и перепрыгивать к концу интервала нарастания не можем.

Вот эта разница и позволяет утверждать, что введение самонарастающих чисел не подрывает основы математического анализа, а дополняет его.

2. Если в системе отсчета все физические тела неподвижны, то будет ли в ней идти время?

Вопреки распространенному убеждению, будет (если в ней имеются массивные частицы).

Пусть в пространстве различным образом инерциально движутся массивные частицы. Их движение и ход времени описывается преобразованиями Лоренца. Если мы теперь остановим движение всех частиц (переведем их в состояние покоя), то обнаружим, что ход времени всех частиц выровняется, но не станет равным нулю.

Как справедливо заметил Р. Фейнман - "Время – это то, что меняется, когда больше ничего не изменяется" [3].

3. Есть ли смысл говорить о ходе времени в системе координат самом по себе, безотносительно к наличию в ней материальных объектов?

Нет смысла. Ход времени есть движение массивных частиц (или массивных систем). И в отсутствие таких частиц (систем) понятие хода времени теряет смысл, так как в этом случае утрачен носитель хода времени. Нет массы — нет хода времени.

4. Коль скоро ход времени является первичным движением, то можно ли измерить его «скорость», темпы такого движения?

Можно. Для этого берем релятивистское выражение для четырехскорости и задаем пространственную скорость равной нулю. В результате получаем вполне определенную величину «*c*», равную скорости света в вакууме. Она и дает количественную характеристику темпам движения времени для любого массивного объекта (частицы или системы).

Вообще скорость движения можно измерять относительно какого-нибудь неподвижного предмета. В нашем случае таким «неподвижным во времени» предметом является фотон — ход его собственного времени остановлен. Поскольку ход времени наблюдателя не остановлен, его можно измерить по отношению к фотону, и он имеет вполне конкретное значение — *c*.

5. Если масса связана с ходом времени, то означает ли, что изменение массы приводит к изменению движения тела во времени?

Нет. Масса аккумулирует энергию движения тела во времени, не затрагивая темпов такого движения. Полную энергию тела можно выразить формулой:

$$E_n + E_t = m(\gamma c^2).$$

Здесь с темпами течения времени связана величина γc^2, которая от массы не зависит. Стоит подчеркнуть, что рассматривается плоское пространство, без учета влияния гравитации (когда масса замедляет ход времени).

Литература

1. *Ли Смолин*. Возвращение времени. От античной космогонии к космологии будущего. - М.: АСТ, 2014
2. *Августин Аврелий*. Исповедь. – СПб.: Издательский Дом «Азбука-классика», 2008.
3. *Р.Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс* «Фейнмановские лекции по физике». - М.: «Мир», 1965, вып. 1, с. 86.
4. *Nikolenko O.D.* On nature of mass and time: The connection of mass to the flow of proper time and variability of systems//Physics Essays, June 2016, Vol. 29, No. 2, pp. 256 – 260.
5. *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии. Классики науки. Под ред. Л.С. Полака. - М.: Наука, 1989.
6. *Владимиров Ю.С.* Пространство-время: явные и скрытые размерности. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010.
7. *Пуанкаре А.* О динамике электрона. – В кн.: Принцип относительности: Сб. работ классиков релятивизма. – М.: Атомиздат, 1973, С. 90-93, 118-160.
8. *Уэллс Г.* Машина Времени. Человек Невидимка. - М.: АСТ, 2015.
9. *Гуц А.К.* Элементы теории времени. – М.: Издательство ЛКИ, 2011, С. 35.
10. Эйнштейновский сборник 1977. - М., 1980. с.50.
11. *Nikolenko O.D.* Definition of time//Physics Essays, November 2016, Vol. 29, No. 4, pp. 601 – 602.
12. *Nikolenko O.D.* Ambivalence of Time//Journal for Foundations and Applications of Physics, 2016, Vol. 3, No. 2, pp. 53-55.
13. *Лец С.Е.* Непричесанные мысли. – СПб.: Академический проект, 1999.
14. *Nikolenko O.D.* Physics Essays: The Non-Relativistic Paradox of Physical Clock//Applied Physics Research, 2016, Vol. 8, No. 2, pp. 57-59.
15. *Weyl H.* Philosophy of Mathematics and Natural Science. Princeton, 1949, p. 116.
16. *Дедекинд Р.,* Непрерывность и иррациональные числа. – Одесса, Матезис, 1923.
17. *Кантор Г.*, Об одном свойстве совокупности всех действительных алгебраических чисел» (Über eine Eigenschaft des Inbegriffes aller reellen algebraischen Zahlen. – J.

reine und angew. Math., 1874, Bd. 77, S. 258–262; русский перевод Ф.А. Медведева в книге: Кантор Георг. Труды по теории множеств. – М.: Наука, 1985, с. 18–22.])
18. *Robinson A.* Non-standard analysis. Princeton University Press, 1996.
19. *Гордон Е.И., Кусраев А.Г., Кутателадзе С.С.* Инфинитезимальный анализ. – М.: Наука, 2008.
20. *Лурье С.* Очерки из истории античной науки. - М-Л.: Изд. АН СССР, 1947 г.
21. *Гильберт Д., Барнайс П.* Основания математики. Логические исчисления и основания арифметики. - М., Наука, 1979, стр.41.
22. *Курант Р. и Г. Роббинс Г.* Что такое математика. - М.: МЦНМО, 2001.
23. *Данциг Т.* Числа – язык науки. - М.: Техносфера, 2008.
24. *Панов А.* Малярный парадокс. Квант, 1989, №8.
25. *Вайнберг С.* Первые три минуты. - М.: Эксмо, 2011.