Квантовая Магия, том 2 , вып. 3, стр. 3119-3134, 2005

Неклассическая онтология и неклассическое движение

П.В. Полуян

(Получена 31 марта 2005; изменена 12 мая 2005; опубликована 15 мая 2005)

Автор хотел бы обратить внимание читателей журнала «Квантовая магия» на то, что нельзя добиться понимания физического мира, опираясь только на достижения квантовой механики, иными словами, мы должны вовлечь в свое рассмотрение концепции релятивистской физики. Квантовая и релятивистская теории составляют то, что обычно именуют неклассической физикой, а в целом образуют некий образ бытия – онтологическую картину мира. Даже если мы вводим в эту картину в качестве активного элемента субъекта-наблюдателя, онтологический характер этой картины мира остается. Для того, чтобы строить неклассическую онтологию последовательно и логично, мы предлагаем выделить в качестве предмета рассмотрения феномен, который можно обозначить как неклассическое движение. Это то специфическое понимание соотношения пространства, времени и перемещающейся точки (абстракция движения), которое формируется на основе новых представлений в рамках квантовой и релятивистской физики. К сожалению, до сих пор эти две ветви физического познания говорят по сути дела на разных языках, что оправдывается вроде бы разными областями приложения – микро и мега мир. Вряд ли это положение дел и его оправдание долговечны – единую картину мира физикам придется так или иначе строить. В данной статье делается попытка нащупать логические подходы, позволяющие составить единое понятие о неклассическом движении. Хочу также отметить, некоторую перекличку своих идей с теми, что высказаны в публикации В.Л. Янчилина «Поможет ли дискретное движение понять квантовые парадоксы?» [8].

1. Бог говорит языком математики

Труд Исаака Ньютона «Математические начала натуральной философии» был основополагающим не только для теоретической физики, но и для классического математического анализа. До сих пор в учебниках понятие производной объясняется учащимся на примере физических представлений о механическом перемещении материальной точки и мгновенной скорости. Однако в современной неклассической физике ньютоновские представления о скорости и перемещении модифицированы: не всякое отношение dx/dt допустимо - задан предел скорости, а траектория движения микрочастицы заменена квантово-волновыми представлениями с известным соотношением неопределенности.

Так оказалась нарушенной определенная гармония между физическими и математическими представлениями, которая существовала в классической науке. Тогда многие полагали, что «Бог говорит математическим языком» - математика раскрывает нам сущность Мироздания, даже если мы этого не понимаем. Интересна в этом смысле идея Гамильтона о том, что подобно тому, как геометрия является теорией пространства, алгебра по сути дела является теорией времени. Столь же примечательны попытки Гаусса и Лобачевского экспериментальным путем определить - является ли неевклидова геометрия адекватной реальности.

Сейчас господствует иная идеология: математика рассматривается как поставщик абстрактных схем. Теперь это не язык Логоса, а символическая формальная запись наблюдаемых результатов опыта. Сообразно этому, создаются все более и более абстрактные схемы, а математические концепции уходят все дальше и дальше от очевидной простоты, свойственной «математическим началам натуральной философии». Именно поэтому расхождение неклассических представлений о механическом движении и исходных оснований классического анализа не считается серьезной проблемой.

Между тем, Ричард Фейнман в своей книге «Характер физических законов» пишет: «Теория, согласно которой пространство непрерывно, мне кажется неверной, потому что она приводит к бесконечно большим величинам и другим трудностям. Кроме того, она не дает ответа на вопрос о том, чем определяются размеры всех частиц. Я сильно подозреваю, что простые представления геометрии, распространенные на очень маленькие участки пространства, неверны». [1, с. 184]. А вот какое примечательное суждение высказано в известной книге Д. Гильберта и П. Бернайса: «На самом деле мы вовсе не обязаны считать, что математическое пространственно-временное представление о движении является физически осмысленным также и в случаях произвольно малых пространственных и временных интервалов.» [2, с. 41].

Однако наиболее конструктивную программу сформулировал Альберт Эйнштейн в 1953 году: «Есть нечто вроде «реального состояния» физической системы, существующего объективно, независимо от какого бы то ни было наблюдения или измерения, которое в принципе можно описать с помощью имеющихся в физике средств. Какие адекватные средства следует применять для этого, и, следовательно, какими фундаментальными понятиями следует воспользоваться, на мой взгляд, пока неизвестно. Материальная точка? Поле? Какое-либо другое средство описания, которое еще надо найти? Этот тезис о реальности сам по себе не имеет ясного смысла ввиду своего «метафизического» характера, он носит лишь ПРОГРАММНЫЙ характер». [3, с. 624].

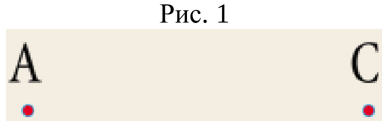
Прошу прощения за столь обширное цитирование, оно понадобилось, чтобы обосновать предпосылки важной проблемы. Существует принципиальное расхождение между современными физическими представлениями о движении микрочастицы и классическими понятиями анализа. Можно найти теоретические средства для описания реального микродвижения в произвольно малых интервалах. Может быть, эти средства описания будут настолько не похожи на традиционные математические понятия, что нам придется изменить и основные математические структуры. Возможно, в Третьем тысячелетии математика примет новые формы.

2. Деконструкция принципа относительности

Согласно принципу относительности Галилея абсолютного движения нет - две точки могут двигаться только относительно друг друга. Если мы берем одну из них за точку отсчета, то полагаем ее покоящейся, а другая относительно нее оказывается двигающейся. Совершенно так же мы можем эту движущуюся принять за неподвижную точку отсчета и считать двигающейся другую. Говоря словами Эйнштейна, «координатная система, движущаяся равномерно и прямолинейно относительно инерциальной системы, сама является инерциальной». [4 с. 679].

Вот схема принципа относительности на примере двух точек:

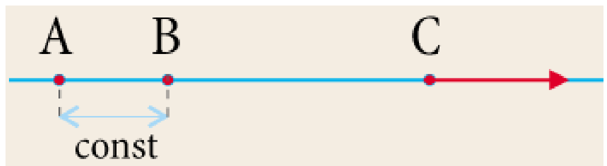
Рис. 1



Представление о перемещении необходимо требует принципа относительности - ведь это изменение расстояния со временем, которое происходит МЕЖДУ двумя точками.

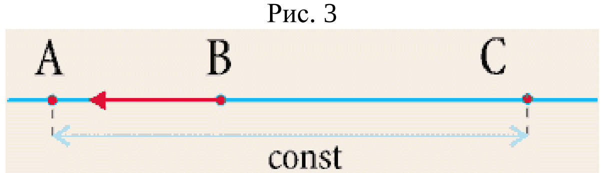
Представим: в пустом пространстве находятся две точки (математически безразмерные), разделенные некоторым расстоянием. Теперь представим, что это расстояние изменяется... Но каким образом можно определить здесь изменение? Анри Пуанкаре, иллюстрируя этот казус, провел мысленный эксперимент - спросил: что было бы, если бы расстояния между всеми точками мира внезапно увеличились в два раза? И ответил: мир этого не заметил бы. Иными словами, для того, чтобы можно было говорить об изменении расстояния между двумя точками, надо представить себе наличие еще одной точки, которая относительно какой-либо из заданных неподвижна.

Рис. 2



Неподвижна - то есть находится все время от нее на одном и том же расстоянии. Но ведь мы начинали с двух точек, и здесь ситуация повторилась: как мы определим, что между точками А и В расстояние постоянно, а между А и С изменяется? С таким же успехом мы можем принять расстояние АС за эталон, а прежний эталон считать изменяющимся! В этих рассуждениях нет ничего нелогичного, наоборот, мы ввели третью точку и эталонное расстояние именно потому, что не могли определить изменение расстояния, но точно также мы не можем определить и неизменность его меры. Точнее можем определять и так и так: то АВ берем за неизменный эталон и говорим, что точка С равномерно удаляется от А и от В, то берем за неизменность расстояние между А и С, тогда прежнее эталонное расстояние АВ должно полагаться изменяющимся.

Рис. 3



Но, допуская выбор эталона длины, мы получаем странную картину. Точка С - та, что была «равномерно двигающейся», стала как бы неподвижной и задает нам меру расстояния АС = const, тогда «реально неподвижная» относительно ЭТОЙ меры будет двигаться неравномерно! Точка В приближается к А все время замедляясь. Если же начать рассмотрение с более раннего момента, то придется ввести ускорение от нуля до бесконечности, полный оборот вокруг Вселенной и «прилет» из бесконечности с другой стороны с последующим замедлением до нуля - всю оставшуюся в запасе вечность.

Описанная картина кажется абсурдной, но если мы в принципе относительности определили взаимоэквивалентность двух точек именно в процессе их мысленной замены, то почему в логически необходимой системе из трех точек вдруг должны отвергнуть взаимозамену совершенно такую же? Логические возможности возникают не для того, чтобы мы их просто отбрасывали, надо попытаться понять, что обнаруживается в этой странной ситуации. Может быть, все дело в неопределенности исходных понятий? Что означает: «Данная материальная точка имеет заданную скорость»?

Количественное выражение равномерной постоянной скорости может быть двояким. Скорость - как отношение отрезка пути к заданной единичной мере времени [м/с], и -

совершенно эквивалентное - отношение периода времени, затраченного для прохождения единичного отрезка расстояния [с/м]. Почему же мы не выражаем скорость как количество секунд, затрачиваемых на прохождение единицы расстояния - ведь это отношение логически допустимо, а математически вполне индивидуально для каждой конкретной скорости? При этом нас не удивляет, когда на стадионе спортивный результат судьи выражают не в численном значении скорости бегуна, а в количестве времени, затраченном на прохождение дистанции. Это ведь уникальный факт: движение измеряется не метрами за секунду, а временем, которое потребовалось для преодоления заданного расстояния! Однако в физике данная мера движения с размерностью [с/м] отвергается. Почему?

На этот «детский» вопрос можно дать вполне серьезный ответ. Множество всевозможных скоростей люди упорядочивают по принципу «медленнее-быстрее», и, сообразно этому, выстраивают по вектору «меньше-больше»: чем быстрее скорость, тем она численно больше, - большее количество метров преодолевается за единицу времени. Взяв же иную меру, мы столкнемся с обратным соотношением: большей быстроти вынуждены будем приписывать меньшее число, - чем быстрее движется материальная точка, тем меньшее количество секунд ей требуется для прохождения единичного расстояния. Согласитесь, считать от бесконечности к нулю довольно затруднительно.

Вопрос с выбором размерности – это не надуманная проблема. Достаточно сказать, что Готфрид Лейбниц при создании математического анализа неоднократно размышлял над этим вопросом. Он писал: «Покой может рассматриваться как бесконечно малая скорость или как бесконечно большая медленность» [5 с. 205].

Предложенная деконструкция принципа относительности - это первый шаг для создания новой конструкции, где по-иному соединятся понятия об интервале времени, отрезке пространства, скорости перемещения и относительных расстояниях (малое и большое). В частности, придется пересмотреть понятие об абсолютном времени, но не с точки зрения синхронизации часов на основе световых сигналов, а с точки зрения процедуры сравнения периодических вращений. В своей работе «Числа в пространстве» автор показал, как в процессе сравнения двух относительных вращений возникают разные ситуации по оценке периодов времени, отмеряемых совпадением радиус-векторов. (Это старая дилемма циферблата и стрелки, из-за чего принято отмерять сутки с помощью двух оборотов часовой стрелки – ведь циферблат вместе с Землей вращается ей навстречу.)

Другой круг проблем возникает при анализе особой динамической системы отсчета, определяемой как множество точек, расстояние между которыми равномерно изменяется. Для определения такой системы требуется введение хода времени, а тогда возникает отличие от стандартной координатной системы из неподвижных точек. Если последняя – это окружность, описанная вокруг центра неизменным радиусом (причем длина единичного отрезка считается неизменной при перемещении вдоль радиуса), то первая – это равномерно расширяющаяся окружность. При этом, очевидно, должен быть задан некий момент времени в прошлом, когда все элементы окружности проходили через центр (точка, где окружность выворачивалась – концы малых элементов дуги менялись местами). Фактически речь идет не о стандартном сопоставлении пространства и движущейся в нем точки, а о сопоставлении двух пространств, движущихся относительно друг друга. (Простейший пример: вращение циркуля описывает окружность на листе бумаги, или же бумага вращается вокруг ножки циркуля? А если сразу два листа бумаги вращаются вокруг ножек циркуля – в одну сторону или навстречу, с одной скоростью вращения или с разными? Мы приходим к старому понятию о мгновенном центре вращения, которое из теории было вытеснено в область прикладных задач.)

Как видим, описанная проблематика относится к фундаментальным понятиям. По мнению автора, новое рассмотрение основных понятий возможно и необходимо - это позволит выработать логически обоснованные теоретические модели адекватные неклассическим представлениям о движении.

3. Перемещение с неопределенной скоростью

Механика начинается с понятия равномерной постоянной скорости, которую потом относят к мгновению. Однако для постоянной скорости устремление интервалов расстояния и времени к бесконечно малому теряет смысл - все интервалы подобны. И всегда подразумевается, что имеются две точки и два момента времени. Математически все конечные отрезки прямой равноправны. Споры о смысле понятия «бесконечная малость» в свое время были острыми, но логический выход не был найден – все решила конвенция, обоснованная ссылками на опыт и абстрагирование.

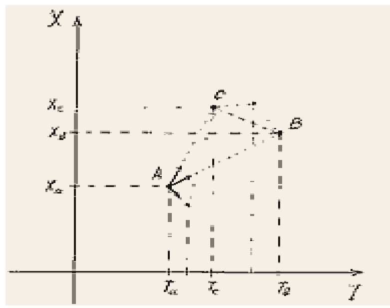
Поставив под сомнение адекватность стандартной математической модели движения, надо предложить иной способ теоретического моделирования. Однако при этом, все-таки, следует исходить из тех же самых элементарных предпосылок: любые виды механического движения суть перемещения точки в пространстве (она, проще говоря, в разные моменты времени находится в разных местах), точки нахождения всегда разделены неким расстоянием, а моменты нахождений задают интервалы времени. Самое интересное, что эти же исходные предпосылки позволяют сформировать совершенно иное представление о движении, противоположное традиционному.

Итак, даны две точки пространства Ха и Хв, в которых материальная точка находится в два разных момента времени Та и Тв. Эти два, будем говорить – «нахождения» или точнее «присутствия» (не мы «находим», а объект «присутствует»), позволяют ввести отношение отрезка расстояния и интервала времени - отношение, которое традиционно именуется «скорость». Если мы остаемся в рамках первого закона Ньютона-Галилея, то движение равномерно и прямолинейно. Значит для заданной постоянной скорости все такие отрезки между «присутствиями» - строго подобны. Тем не менее, обычно считают нужным ввести понятие мгновенной скорости и мысленно устремляют интервалы к нулю, где в пределе, как условленно считается, неким образом появляются «бесконечно малые». В соотнесении понятия постоянной скорости и скорости мгновенной скрыто два послания. А). Если скорость постоянна на всем интервале - она присуща материальной точке в любой точечный момент времени, в любой точке траектории. В). Если в любой момент в любой точке пути скорость одна и та же, она присуща материальной точке и в течение всего времени движения по всей траектории. Эти утверждения обосновывают друг друга, образуя логический круг.

Здесь можно было бы вспомнить апорию Зенона «Стрела» (Вышеприведенное высказывание Гильберта было сделано как раз по поводу апорий Зенона.) Древнегреческий философ хотел заострить внимание теоретиков на парадоксальности движения-перемещения: для определения скорости надо обязательно иметь в виду ДВА местоположения и ДВА момента времени, но мы говорим о наличии скорости в один - данный – момент настоящего. Существует то, что существует в один единственный момент настоящего, а движение для своего определения требует интервала. Понятно, что введением мгновенной скорости мы скрыли эту парадоксальность. Однако, если dx и dt «очень малы» они тем не менее остаются «отрезками» и «интервалами». Стремиться к точке - не значит пребывать в точке.

Считается, что еще аристотелевская физика преодолела парадокс Зенона. Мыслили так: если движение есть ВООБЩЕ (на множестве мгновений и мест), то оно есть и В ЧАСТНОСТИ - в каждое отдельное мгновение. А если есть движение – то необходимо должна определяться и скорость, и, значит, мы обязаны приписать материальной точке некую скорость в каждом мгновении, в каждом месте. Иного, кажется, просто не может быть. Сейчас мы рассмотрим модель движения, где эти логические обязательства с нас снимаются. То есть - в каждое мгновение, в каждой точке ДВИЖЕНИЕ ЕСТЬ, а СКОРОСТИ НЕТ.

Рис. 4



Пусть скорость - это отношение отрезка (Xa, Xв) и интервала времени (Ta ,Tв). Зафиксировав это отношение, возьмем мгновение времени Tc , находящееся между Ta и Tв. В этот момент точка находилась в некоем Xc, и, соответственно, мы получаем уже два новых отрезка, два новых интервала. Говоря о постоянстве скорости, мы неявно предполагаем, что отношения новых отрезков и интервалов дадут нам то же самое значение скоростей. Мы делаем логический выбор: ведь есть два варианта - либо Vaв = Vac = Vcв, либо они не равны. Казалось бы, выбор этот предопределен. Действительно, если мы уже задали скорость Vaв, она предполагает наличие этой скорости и в точке A и в точке B, а если Vac не равна Vcв, то и значения скоростей в точках A и B получаются иными - в противоречие уже найденному первоначально значению. Выбрав точку и мгновение Xc, и Tc, мы не исчерпали точки пространства и мгновения времени. Если продолжить выбор мгновений времени мы будем получать от точки к точке иные значения скоростей и можно предположить, что все они дадут нам значения скорости не равные друг другу. Иными словами, для исходной позиции Xa, и Ta (и в конечной позиции Xв и Tв) мы будем получать все новые и новые значения скорости. То есть значение скорости - «в точке в данное мгновение» - в общем случае надо считать НЕОПРЕДЕЛЕННЫМ. Мы вводим следующее абсолютное правило: независимо от того, каким было исходное отношение, «новые» скорости (Xa,Xc)/(Ta,Tc) и (Xc,Xв)/(Tc,Tв) в общем случае могут быть ЛЮБЫМИ.

Иными словами, мы декларируем, что всякий раз получаются новые значения отношения DXij/DTij, которые в общем случае не обязательно соответствуют предыдущим и не обязательно связаны с ними какой-то закономерностью. Это правило должно быть справедливым для всякого «сколь угодно малого» дробления исходного интервала времени. И естественно, в общем случае, соответствующие точки присутствия в пространстве могут и не лежать на одной прямой, хотя всякий раз они будут задавать конечные отрезки расстояний. В свою очередь, частным случаем ТАК определенного движения будет стандартное равномерное движение по прямой с неизменной скоростью (если «любые», то, возможно, и «равные» при равенстве соответствующих интервалов времени). Таким образом, для любых двух моментов времени имеются два присутствия-нахождения точки в пространстве, чем и задается значение скорости ИМЕННО ДЛЯ ЭТИХ ДВУХ МОМЕНТОВ. Но при этом любое присутствия точки, соответствующее моменту времени, находящемуся между двумя первоначально выбранными, позволяет найти уже иные отношения интервалов пути и времени. В НАСТОЯЩЕМ - для каждого одиночного момента времени имеются вполне определенные координаты нахождения и совершенно неопределенная скорость (определенность появляется, если, и только если, мы выбираем еще один момент-нахождение). Разумеется, все варианты неравномерного движения также оказываются частными случаями перемещения с неопределенной скоростью.

В только что изложенном построении нет ничего противоестественного, чуждого исходным предпосылкам понимания механического движения-перемещения и принципам его теоретического воспроизведения, а если построенная нами теоретическая модель логически допустима, то мы не имеем права этим пренебрегать, ее не рассматривать. А самое-самое главное: этот логический вариант является более общим, ведь «равенство» величин - это частный случай всех возможных их взаимоотношений. Поэтому наша модель априори более общая, поскольку охватывает стандартное представление о скорости.

Не спорю, такая нестандартная модель перемещения материальной точки в пространстве чрезвычайно экзотична, более того, предлагаемый вариант полностью противоположен классическому: при стандартном подходе постоянная скорость берется за основу и уже из нее конструируются любые частные случаи неравномерных движений - с ускорением, с искривленными траекториями. У нас - все наоборот: за основу берется модель, которую можно охарактеризовать как некое абсолютно неравномерное движение, лишь в отдельных случаях совпадающее с равномерным, равноускоренным и пр.

Главная черта данной модели движения: ни в одной точке нет определенной скорости. Но эта модель иная чем в неклассической физике, где соотношение неопределенностей возникло то ли по формальным причинам, связанным с разницей некоммутирующих матриц, то ли из-за влияния прибора, то ли из-за волшебного поведения частиц и непригодности классических понятий для микрофизики. У нас эта, так называемая, неопределенность заложена в саму модель: между сколь угодно близкими моментами времени всегда найдется мгновение, которому соответствуют новые нахождение точки в пространстве с новыми значениями скорости.

Такая последовательность операций определения значений скорости принципиально бесконечна, ни о каком стандартном дифференцировании, ни о какой мгновенной скорости тут речи быть не может. Траектория такого «абсолютно броуновского» движения здесь подобна математической фрактальной кривой, хаотически изгибающейся на любом, сколь угодно малом своем участке. (А так называемая «прямая» оказывается частным случаем фрактального построения.) В каждый момент материальная точка находится в определенном месте, все нахождения лежат на определенной (фрактальной) траектории. Хаотически разбросанные нахождения - суть точки, из которых «собирается» такая по-своему все-таки непрерывная траектория. Пусть - в частном случае - это может быть прямая с постоянным значением всех возможных («любых») скоростей, но тогда - это прямая принципиально иного типа: для нее операция дифференцирования, приводящая к мгновенной скорости, теряет смысл просто потому, что траектория движения и время движения изначально заданы поточечно - совершенно разрывно, прерывно, дискретно. Такое движение абсолютно дробно, но оно дробится на бесконечное множество отрезков DX и интервалов DT не потому, что непрерывный отрезок прямой делим до бесконечности, а потому, что точки деления сами его и образуют.

Традиционное понимание основано на понятии отрезка (который и задает точки его ограничивающие), а наше, нетрадиционное понимание, наоборот, основывается на точках и моментах присутствия-нахождения, любая пара которых задает отрезки-интервалы, обнаруживаемые между ними. Общим для альтернативных вариантов остается то, что последовательность прохождения точек (нахождений в пространстве) сообразна последовательности мгновений времени, которые им соответствуют. В предложенной модели классическое понятие скорости не исчезает - скорость номинально определима для любых интервалов X и T, однако невозможно приписать это значение скорости отдельным точкам-моментам, образующим концы интервалы. Таким образом, понятие скорости необходимо для нашей модели, но становится лишь элементом описания процесса, перестает быть его прямым отображением.

Я отдаю себе отчет, насколько необычной кажется предложенная модель движения, но хочу еще раз подчеркнуть: она сконструирована из тех же основополагающих представлений, что и традиционная (точки присутствия в пространстве, точечные моменты времени и пр.). Наша модель является логически альтернативой стандартной, и как таковая теоретически с ней равноправна. Пока мы не касаемся физического смысла модели, ее эмпирической адекватности, не ведем разговора об уравнениях движения, о квантованности-дискретности или о соотношениях неопределенности Гейзенберга. Подобно тому, как классическая динамика интерпретирует различные варианты движения, а стандартный математический анализ позволяет их описать, введенное только что движение с неопределенной скоростью также потребует затем введения неких динамических характеристик. Пусть точки-нахождения хаотически, поточечно, разбросаны по пространству - будто рассыпавшиеся бусы, но все-таки должна быть ниточка, которая их свяжет!

Не следует спешить с придумыванием причин, по которым движение делается таким, разговоры о скрытых параметрах физического вакуума или стохастических колебаниях пространства-времени – это лишь гипотезы. Важно то, что новый тип механического движения логически не менее обоснован, нежели классическое движение материальной точки в плоском евклидовом пространстве. Более того, можно попытаться переосмыслить и сам тип структуры пространства-времени, иными словами можно предположить, что пермещение с неопределенной скоростью – это необходимое движение пробной частицы, очутившейся в определенной пространственно-временной структуре. Но это уже следующий шаг.

Главное затруднение на предлагаемом пути - это идеология классического математического анализа. Получается, что его мощный, хорошо разработанный аппарат для наших целей не годится. Здесь, думается, может помочь сформировавшаяся в современной математике концепция нестандартного анализа. Позвольте мне процитировать слова Абрахама Робинсона, одного из создателей этой концепции: «Мы собираемся показать, что в настоящих рамках можно развить исчисление бесконечно малых и бесконечно больших величин. Это дает нам возможность заново сформулировать многие известные результаты теории функций на языке бесконечно малых так, как это было предсказано в неопределенной форме еще Лейбницем». [6, с. 325] Наличие нестандартной модели анализа в современной математике свидетельствует, что никаких принципиальных, логических запретов на избранном нами пути не существует. Пусть новые представления о движении кажутся абсурдными и надуманными, они просто непривычны.

4. Кватернионное время-пространство

Один из научных текстов Вольфганга Паули начинается примечательной фразой: «Введем, как обычно, вещественные координаты X_k для пространства и мнимую координату X_4 = iCt для времени, и рассмотрим преобразования Лоренца...» [7, с. 233]. Словесный оборот «как обычно» можно расценить в качестве особого рода интеллектуальной провокации, подразумевающей, что указанную процедуру можно сделать и «необычным» путем. Как? Не трудно сказать: мы попробуем для времени оставить вещественную координату, а 3 пространственные координаты представим как мнимые оси с размерностью времени. Тогда 4-мерный псевдоевклидовый континуум Минковского превратится в некое необычное многообразие, которое мы далее будем называть «кватернионное время-пространство».

Появление здесь термина «кватернион» понятно: четверку чисел, выражающих координаты, - одно вещественное и три мнимых - легко представить в качестве кватерниона (хотя мы не вводим здесь различие мнимых единиц i, j и k). Но кватернионы - это алгебраические числа, а 4-х мерное пространство-время Минковского - это континуум релятивистской физики, имеющий осмысленную физическую интерпретацию. Здесь же мы видим перед собой 4-мерное многообразие, где вещественная ось - чистое время, а три другие - это пространственные координаты, превращенные в мнимые временные оси. Казалось бы ничего особенного не происходит, просто у 4-мерного пространства индекс 1 заменяется на индекс 3 и получается иная сигнатура метрики: (- - -+) вместо (+++-). Однако нас будет здесь интересовать в первую очередь не особенности математических структур, а варианты их физических интерпретаций. Может оказаться, что структура метрики такова, что пробные частицы в ней могут двигаться исключительно хаотически.

Всем известна физическая трактовка континуума Минковского, а для того, чтобы она имела смысл, требуется свести размерности осей к единой мере: поэтому все четыре координаты выражаются в одной мере [x], а достигается это с помощью умножения временной координаты на коэффициент C - скорость света [м/c]. В математическом смысле физические размерности не важны, однако без них невозможно обнаружить реальный прообраз ни для какой абстрактно-математической конструкции. Если мы для кватернионного время-пространства выбираем не меру [x], а меру [t], значит в итоге получается все-таки нечто иное, нежели просто другое представление для обычного физического пространства-времени.

Иногда считают, что для интерпретации континуума Минковского перевод t в x с помощью коэффициента C вообще не играет никакой роли - эта странная иллюзия, ведь время не может ФИЗИЧЕСКИ отождествляться с пространственным протяжением. Даже если C принять за единицу, размерности [t] и [x] от этого никуда не исчезнут. Равным образом, заявления о том, что «истинно значимым является только пространственно-временной интервал», «пространство и время едины по сути», «мы живем в четырехмерном пространстве, но сознание воспринимает его, как если бы время существовало» и т.п. - все это в большей мере философские утверждения, нежели физические. Поэтому крайне существенно, что в кватернионном время-пространстве требование одноразмерности реализовано по-другому: мнимые пространственные координаты должны быть умножены на некий коэффициент S с размерностью [с/м]. И опять, может показаться, что ничего особенного не происходит - это ведь как бы «обратная скорость света». Однако переворачивание коэффициента - не значимое математически - в физическом смысле ведет к очень значимым изменениям.

Обратная скорость, как реальная физическая величина с размерностью [м/c], не может быть искомым коэффициентом, поскольку шкала обратных скоростей неравномерна. В классическом представлении скорость - это отношение, где в числителе отрезок расстояния, а в знаменателе период времени - времени как независимой переменной. Это - основа стандартного дифференцирования и алгоритм для классического сложения скоростей при переходе от одной системы отсчета к другой. С классической точки зрения для «обратной скорости», где числитель и знаменатель меняются местами, вместе с обращением размерности возникает и неравномерная шкала величин: 1[м/с] = 1[с/м], 2[м/с] = 1/2[с/м], 3[м/с] =1/3[с/м], 4[м/с] = 1/4[м/с] и т.п.

Известно, что у пространства нет внутренней меры (это подчеркивал Риман), иными словами единица может быть сколь угодно большой - она не задана как некоторая внутренняя мера величины расстояния. Однако в физическом мире скорость света C, выступающая в качестве коэффициента при мнимой единице, - это вполне конкретная физическая константа, скорость электромагнитных волн. Мы можем ее мыслить в качестве некоторой произвольной единицы только условно. Если для математических характеристик пространства-времени Минковского это не существенно, но в реальном мире единица C характеризует уникальный физический процесс, соответственно, ее «переворачивание» - математически безвредное - не может быть физически оправданным. Однако достаточно нам предположить, что коэффициент S[с/м] не является «обратной скоростью», и не имеет прямого отношения к скорости распространения электромагнитных волн, как все становится на свои места - S это просто некий коэффициент с размерностью [с/м].

Если же коэффициент C в псевдоевклидовом континууме Минковского - это вполне конкретная физическая величина, скорость света, имеющая в разных системах отсчета конкретное численное значение (но математически - это единица), то в нашем кватернионном время-пространстве коэффициент S также должен быть некой физической величиной - константой, отличной по сути своей от скорости света, но имеющей размерность [с/м] - обратную размерности скорости. На роль такой константы можно выдвинуть комбинацию констант h/e^2, где h - постоянная Планка, а e - заряд электрона. Хорошо известно, что эта комбинация констант наряду с C входит в выражение безразмерной постоянной тонкой структуры $1/a = hC/e^2 = 137{,}0306...$ (здесь h - это постоянная Планка, деленная на два "пи"). Я полагаю, что так оно и есть: кватернионное время-пространство - это математическое выражение реального аспекта микрофизической реальности, где константа $S=h/e^2$ с размерностью [с/м] столь же важна, как важна скорость света для глобального 4-мерного континуума Минковского.

Конечно, автора можно упрекнуть за некий произвол - ведь сконструировать размерность [с/м] из известных констант можно и другими способами. (Например, использовать гравитационную постоянную.) Единственный мотив, которым автор здесь руководствуется - это желание перекинуть логический мостик между квантовой и релятивистской физикой. Ведь было бы крайне интересно, если бы постоянная тонкой структуры стала константой, показывающей соответствие между континуумом Минковского и кватернионным время-пространством. Возможно, Вольфганг Паули, который настаивал на теоретическом обосновании физического статуса этого загадочного числа 137,0306..., имел в виду нечто подобное.

Однако математических аргументов и эстетических оценок здесь не достаточно. Мы должны вскрыть и физическую суть обнаруженного соответствия, то есть увидеть логическую связь между граничной скоростью прямолинейного поступательного движения C и константой S, смысл которой пока не понятен. $S=h/e^2$ - это комбинация эмпирических констант с размерностью [с/м], мы включили ее в некую математическую структуру, но от этого смысл всего построения не стал яснее.

В классической физике скорость является количественной мерой поступательного движения, связывает между собой пространственные и временные параметры движения как прямолинейного поступательного перемещения. Если константа S включается нами в кватернионное время-пространство, значит, она также должна пониматься как граничное выражение какого-то аспекта движения, где пространственные и временные характеристики как-то связаны между собой. Более того, важнейшим свойством континуума Минковского являются преобразования Лоренца, приводящие к тому, что закон сложения скоростей при переходе от одной системы отсчета к другой дает предельное значение для прямолинейного поступательного перемещения.

Логично предположить, что в кватернионном время-пространстве также обнаружится аналог релятивистского сложения скоростей, который позволит трактовать константу S в качестве инварианта и предела в сложении каких-то величин. Так, по крайней мере, должно выглядеть дело в двумерном случае, где на комплексной плоскости псевдоевклидовым образом связываются одна временная и одна пространственная ось. Для континуума Минковского мнимой будет временная ось - iCt, а для кватернионного время-пространства - пространственная iSx. В двумерном случае дело облегчается тем, что мы оставляем за рамками рассмотрения некоммутативность (с другой стороны, очевидно, что некоммутативность связана напрямую с наличием еще двух мнимых пространственных координат).

Поскольку скорость света C - это неклассическое ограничение на максимальную скорость (скорость распространения сигнала между двумя точками пространства не может быть бесконечной), соответственно, константа S также не позволяет отношению Dt/Dx принимать бесконечные значения. Однако S - это предел для «обратной скорости», а увеличение Dt/ Dx одновременно означает уменьшение отношения Dx/Dt, что позволяет предположить: в нашем реальном мире «нулевая скорость» (как отношение отрезков пространства и периодов времени) столь же недостижима, как и бесконечная.

Тем не менее, и в случае упрощенного двумерного, комплексного представления кватернионного время-пространства, все-таки, остается пока непонятным: что за величины должны здесь складываться, и каков в данном случае физический смысл «системы отсчета»? На эти вопросы нам сейчас и предстоит ответить.

Поскольку S - это некий коэффициент пропорциональности между мерой времени t[с] и мерой расстояния x[м], то константа S как самостоятельная величина выражает некий аспект движения, но, поскольку для поступательного прямолинейного перемещения количественной мерой является классическое понятие скорости V[м/с] и ее неклассический предел C, эта новая константа S должна быть неклассическим пределом какой-то вполне классической меры движения, которая тем не менее не является поступательным перемещением. Мы предположим, что искомой формой движения является вращение.

Автор считает, что кватернионное время-пространство - это логически необходимое дополнение 4-мерного пространства-времени, которое замыкает пространственно-временную структуру Универсума, а раздвоение безразмерной единицы на две размерные константы определяет тот фрагмент Универсума, где имеют место и время физические явления. Автор полагает, что алгебра гиперкомплексных чисел не является всего лишь специфическим математическим языком для переоформления известных в физике результатов, напротив - она появляется столь же логично и естественно, как на базе классического декартова пространства строится псевдоевклидов континуум Минковского.

И вновь мешает устоявшаяся привычка - стандартное понимание пределов и бесконечно малых. Автор считает, что поскольку работами Абрахама Робинсона доказана логическая непротиворечивость нестандартного анализа, где область действительных величин расширена за счет гипердействительных актуально бесконечно малых и бесконечно больших чисел, уже ничто не мешает нам переосмыслить стандартные представления о взаимоотношении бесконечно большого и бесконечно малого, и обнаружить их предельный взаимопереход друг в друга. Именно это и происходит, когда четырехмерное пространство-время замыкается с кватернионным время-пространством в единое целое. И это происходит РЕАЛЬНО.

5. Не бойтесь метафизики! (Философское заключение)

Изложенное позволяет в общем виде обрисовать новую космологию, основанную на объединении двух теоретических моделей. Модели геометрической, - 4-х мерный пространственно-временной континуум, и модели алгебраической - кватернионное время-пространство, где три мнимые оси и одна вещественная имеют размерность времени [t], а переводным коэффициентом пропорциональности между физическими размерностями выступает не скорость света С [x/t], а особая константа S[t/x]. Поскольку кватернионное время-пространство "образуется" не геометрическими точками, а ориентированными вращательными моментами, оно может рассматриваться в качестве РЕАЛЬНО СУЩЕСТВУЮЩЕГО математического многообразия, где протекают независимые от нашего сознания информационные процессы. В таком случае, объективная сущность, выступающая сейчас под именем Информация, становится полноправным участником Универсума, наряду с тем, что именуется сейчас Вещество и Поле. Это гипотетическое предположение позволяет нам перекинуть мостик к проблематике, обычно именуемой «Квантовое сознание».

То, что информационные процессы каким-то образом укоренены в самом фундаменте материи, свидетельствует хотя бы тот факт, что электромагнитные волны являются основным переносчиком информации, - способность кодироваться и декодироваться составляет их неотъемлемое свойство, которое не отражено в классических уравнениях Максвелла, но без которого существование человеческого разума в этом мире невозможно. Точно также любой атом является информационной машиной, поскольку обладает дискретными состояниями и может рассматриваться как логический элемент, включенный в глобальную информационную структуру. Вопрос только в том, как определять саму информацию – номиналистически или реалистически?

Однако и в реалистической версии есть два различных подхода. Общепринятая оценка известна - информация проявляется как некий параметр функционирования сложных материальных систем и не имеет значения для фундаментальной физической науки (свойство света переносить информацию оказывается тогда случайным «дополнением» к его физическим характеристикам). Другой подход впервые сформулирован в явном виде Тейяром де Шарденом - это гипотеза о «радиальной составляющей энергии», то есть информация понимается как некая сущность - столь же свободно передающаяся и преобразующаяся в реальных процессах, как и то, что физики именуют энергией. Более того, мы считаем, что термин «информация» обозначают большой круг явлений, не менее обширный, чем тот, что охватывается понятием «энергия». Много споров возникает из-за того, что каждый исследователь выделяет в качестве информации лишь какой-то один из множества фрагментов информационной реальности.

Парадоксальная ситуация сложилась: современная цивилизация основана на использовании информационных процессов, объективность информации стала поистине осязаемой, однако эту объективность по-прежнему связывают только лишь с нервными импульсами и сигналами, а такие важнейшие характеристики информации как Смысл и

Значение - считаются всего лишь субъективно-психологическими условностями. Видимо, настала пора признать, что в новой космологии Информация, Смысл, Значение занимают фундаментальное место. Если естествоиспытатели до сих пор могли от этого абстрагироваться, то современные научные концепции в своем развитии ныне сами подвели ученых к необходимости изменения механистического мировоззрения. Алгебро-геометрическое РАЗДВОЕНИЕ математических моделей мира ЛОГИЧЕСКИ ОЧЕВИДНО, остается только признать глубинную сущность, которая кроется за ним. Суть дела не в «эквивалентности языков описания», а в том, что особенности уравнений показывают нам внутреннее устройство Универсума.

Так или иначе, есть надежда, что фундаментальная наука отнюдь не закончилась, - в Третьем тысячелетии у ученых найдется много предметов для размышления.

Приложение

Данная статья нуждается в существенном дополнении, поскольку в ней практически не затронута проблема времени. Именно поэтому в качестве приложения мы даем здесь тезисы, опубликованные в материалах научной конференции «Число, время, относительность», Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана, 10-13 августа 2004 г. (См.: http://hypercomplex.xpsweb.com/page.php?lang=ru&id=194). Предлагаемый текст дан в несколько измененной редакции.

В той небольшой заметке с названием «Время: ареальные множества и хронометрика» я попытался обозначить новые логические подходы к пониманию времени, а главной опорной точкой послужил анализ понятий «реальность» и «возможность». Легко понять, что подобный подход в идейном отношении ориентирован на систему квантово-механических представлений. Напротив, конференция «Число, время, относительность», как следует из ее названия, была идеологически ориентирована на логику детерминистской физики (там обсуждались варианты построения пространственно-временного континуума на основе гиперкомплексных числовых систем). Таким образом, я своими тезисами попытался тогда внести, скажем так, квантовый акцент в детерминистскую по сути своей систему понятий.

И здесь хочу повторить еще раз мысль, с которой начата нынешняя моя публикация: создавая новую неклассическую онтологию, мы должны стремиться к объединению представлений квантовой физики, оперирующей с вероятностями, и физики релятивистской, основанной на понятиях пространственно-временного континуума, координации событий и мировых линиях. В принципе, эта задача всегда как бы подразумевается. Однако тот факт, что она до сих пор не решена, свидетельствует, на наш взгляд, о необходимости поиска новых логических подходов, без которых дальнейший научный прогресс невозможен. В предлагаемых здесь тезисах, сделана попытка углубить понятие множества за счет введения таких соотносимых категорий как «реальность» и «ареальность». Насколько конструктивным окажется наше предложение покажет время.

Время: ареальные множества и хронометрика

Время обычно отождествляется с одномерным линейным континуумом действительных чисел, где каждая точка соответствует мгновению времени. Возможны также экзотические модели времени, где мгновения образуют счетное множество натурального ряда чисел (это подразумевает атомарную структуру времени), а также, где допускается кольцевой порядок следования мгновений. Видимо следует признать, что в основе всех этих вариантов лежат представления, сформированные геометрическим путем -

то есть пространственноподобные структуры. Альтернативным был бы подход, когда время моделируется с помощью иных представлений, сформированных на основе отношений, характерных именно для времени, а не для пространства. В данной работе предлагается хронометика, основанная на так называемых ареальных множествах. При этом понятие ареального множества мы выводим в результате анализа структуры времени.

Общепризнанными особенностями структуры времени является, во-первых, его деление на НАСТОЯЩЕЕ, ПРОШЕДШЕЕ и БУДУЩЕЕ, а, во-вторых, представление времени как множества мгновений. Так, например, понимается время в релятивистской теории, где сравнение времен в разных системах отсчета строится именно на сопоставлении мгновений, а также подмножеств мгновений относящихся к прошлому, будущему и настоящему.

Мы не будем вторгаться в область определения теории относительности. Для нашего построения вполне достаточно двух вышеназванных структурных особенностей. И вообще, прежде чем сравнивать времена в разных системах, целесообразно проследить логику структурирования времени в одной системе отсчета.

Казалось бы, здесь нет никаких трудностей - все множество мгновений времени мы должны разбить на три части: мгновение НАСТОЯЩЕГО, мгновения ПРОШЛОГО и мгновения БУДУЩЕГО. Однако уже здесь возникает некая логическая трудность - ведь мгновений БУДУЩЕГО на самом деле нет, будущее ЕЩЕ не наступило. Кроме того, сразу же замечаем, что и о мгновениях прошлого мы говорим в некотором особом смысле, поскольку их УЖЕ нет. Теоретики обычно такого рода рассуждения относят к феноменологическим или даже субъективно-метафорическим утверждениям, которыми можно пренебречь. Объяснительная схема такова: прошлого нет В ТОМ СМЫСЛЕ, что нет в наличии физических состояний материального мира, которые были раньше, а будущего нет, поскольку настоящее состояние изменяется - на смену ему придут иные состояния. Однако в такого рода умозаключениях есть некоторая натяжка: смена состояний материальных систем - это всего лишь внешний показатель течения времени (а периодическая смена состояний - это часы, прибор для измерения времени). Иными словами, понятие времени заключается не в том, что бывают разные состояния, а как раз в логических конструкциях УЖЕ НЕ и ЕЩЕ НЕ, в словах "раньше" и "позже", показывающих ту самую структуру времени, которую можно и нужно брать в качестве предмета изучения. Мы должны изучить именно логическую структуру времени, а не редуцировать время к смене физических состояний или ощущений, поскольку любая такая редукция уже предполагает логику времени.

Что же мы должны сказать о времени? Во-первых, время - это бесконечное множество мгновений. Во-вторых, ВСЕ множество мгновений ВСЕГДА разделено на три подмножества: Прошлое, Настоящее и Будущее. В-третьих, существует только мгновение НАСТОЯЩЕГО, а мгновения прошлого УЖЕ не существуют, и мгновения будущего при этом ЕЩЕ не существуют. Возникает возражение: если некоторое мгновение отнесено к несуществующим, оно, тем не менее, могло быть настоящим раньше, или же оно станет настоящим потом, ведь время течет! Совершенно верно, и эта важная особенность будет зафиксирована в принципе ареальности. Он гласит: элемент данного множества является реальным тогда и только тогда, когда все остальные элементы данного множества являются нереальными. Для времени это очевидно: мгновение настоящего реально тогда, когда все остальные мгновения времени вынесены в ареальность - в прошлое или в будущее.

На первый взгляд создается впечатление, что мы здесь совершили какую-то смысловую подмену, и ввели неизвестно зачем неизвестно что. Во-первых, данное определение множества расходится с классическим определением множества, где полагают все его элементы существующими, актуально заданными. Во-вторых, смысл термина "ареальность" какой-то чрезмерно философский. В-третьих, общее понятие подразумевает, что в качестве ареального множества могут быть представлены не только мгновения времени, но и какие-либо иные совокупности элементов. Где же они?

На первый вопрос ответ находится легко: для того и формируются в науке понятия, чтобы их можно было уточнять и развивать. Иными словами, классические множества могут оставаться при своем определении, а ареальные множества являются иного рода совокупностью. То есть: АРЕАЛЬНОЕ МНОЖЕСТВО - это совокупность элементов, каждый из которых является реальным тогда и только тогда, когда другие элементы данного множества являются нереальными. Ареальные множества обладают и обычными свойствами множеств - они могут состоять из бесконечного или конечного числа элементов (в последнем случае, очевидно, минимальным числом элементов ареального множества будет два). Что касается нереальности-ареальности - это свойство, конечно, странное, и для преодоления психологического предубеждения, можно, например, предложить такую интерпретацию: все элементы данного множества существуют, но если один существует РЕАЛЬНО, то другие - НЕРЕАЛЬНО.

Теперь рассмотрим конкретные варианты ареальных множеств.

Ареальным является множество нормировок числовой оси. Действительно, если выбрана (сделана реальной) одна нормировка, нереальными являются другие нормировки. Мы говорим: эта точка на числовой оси - единица, соответственно выстраиваем 2, 3, 4 и т. п., а также 1/2, 1/3, 1/4 и т. п. Соответственно, при реализации другой нормировки единицей становится, скажем, "3" из прежней нормировки (той, которая теперь вытеснена в ареальность). Очевидно, внутри всего этого множества нормировок имеется единство: от одной нормировки мы можем переходить к другой с помощью нормировочного коэффициента. И понятно, что множество нормировок действительной оси является бесконечным ареальным множеством.

Ареальным конечным множеством является множество из двух высказываний - состоящее из утверждения А и его отрицания не-А. Если А - является истинным (реальным), его отрицание не-А является неистинным (то есть нереальным), если же истинным является не-А, то неистинным (нереальным) является противоположное ему утверждение А. Здесь ареальность очевидна и не случайна, ведь логический закон противоречия гласит, что не могут быть истинными А и не-А в ОДНО И ТО ЖЕ ВРЕМЯ. Таким образом, мы видим, что отношение ареальности не является какой-то произвольной выдумкой, а заложено имплицитно в основном законе логики - в законе противоречия. Но эксплицируя отношение ареальности, обнаруживая его в явном виде, мы теперь должны обобщить его, - аральное множество из двух утверждений А и не-А оказывается лишь простейшим случаем более сложного ареального отношения. (Мы не будем здесь развивать логические приложения принципа ареальности. Разработаны логические системы, где истинность одного утверждения находится в ареальном отношении с конечным множеством других утверждений.)

Обратимся вновь к ареальному множеству нормировок - в этом случае мы имеем дело с некоторой вполне конкретной математической структурой, которую можно использовать для построения хронометрики.

Выяснилось, что множество нормировок - ареальное множество. Но мы начинали с того, что определили также и ВРЕМЯ в качестве ареального множества. Для выявления ареальности времени нам понадобились довольно расплывчатые и глубокомысленные понятия «Прошлое», «Настоящее» и «Будущее». Оперируя такими понятиями легко придти к парадоксам. Например, Зенон Элейский на основе похожей системы аргументов пришел к выводу, что движения реально не существует, поскольку реальным может быть только одно мгновение. Но теперь у нас есть ареальное множество нормировок, где мы абстрагируемся от внематематических ассоциаций, и, следовательно, можно использовать конкретное ареальное множество нормировок в качестве модели временного порядка. Итак, попробуем отождествить с хронометрикой ареальное множество нормировок оси действительных чисел.

Такое отождествление, по нашему мнению, очень конструктивно и позволяет вывести интересные следствия. Время теперь уже не моделируется ординарным континуумом действительных чисел, а находит свою теоретическую репрезентацию - модель - в более сложной структуре. Мы вправе теперь предположить, что мгновение времени - это не просто точка на числовой оси, а определенная нормировка числовой оси, а вот переход к следующему мгновению времени - это не перескок в соседнюю точку на оси (точку с координатой в той же нормировке), а переход к точке "соседней", но выражаемой в другой нормировке. Посмотрите, какой интересный вывод получается. Если «соседнее мгновение времени» на временной оси - это другая нормировка, то сохраняется соседство (как это было в стандартной модели времени) и появляется новое свойство - коэффициент нормировки между двумя мгновениями (даже сколь угодно близкими). Тогда реальная временная ось «уже бывшего» прошлого - это непрерывный континуум, но состоящий из точек, принадлежащих к разным нормировкам, причем реализация одной нормировки в виде мгновения времени приводит к исключению возможности для реализации этой же нормировки на отрезке оси будущего. Возникает вопрос: позволяет ли предложенная модель увидеть асимметрию временного порядка?

Однако здесь мы уже переходим к утверждениям, которые можно и нужно выражать в символах некой новой формальной системы. Автор выражает надежду, что содержательная часть изложена понятно.

Литература

1. Р. Фейнман. Характер физических законов. М.: Мир, 1968.
2. Д. Гильберт, П. Барнайс, Основания математики. Логические исчисления и формализация арифметики, М., «Наука», 1979.
3. А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. III. М.: «Наука», 1966,
4. А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. т. I, М.: «Наука», 1965.
5. Г. Лейбниц. Сочинения в четырех томах. Т. I. М.: «Мысль», 1975.
6. А. Робинсон, Введение в теорию моделей и мета-математику алгебры, М.: «Наука», 1967.
7. В. Паули, Труды по квантовой теории, М.: «Наука», 1977.
8. В.Л. Янчилин, Поможет ли дискретное движение понять квантовые парадоксы? - Квантовая Магия, том 1, вып. 3, стр. 3158-3186, 2004