

СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

Полищук Р.Ф.

Астрокосмический центр Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, Москва

Математик Н.И. Лобачевский сказал [1]: «*Поверхности и линии не существуют в природе, а только в воображении: они предполагают, следовательно, свойство тел, познание которых должно родить в нас понятие о поверхностях и линиях*». Человек видит и мыслит многообразный мир в терминах инвариантов, извлекающих его неподвижно-самотождественную сущность. Многообразие мира столь велико, что это позволило одному из создателей новой современной науки *эконофизики* Филиппу Андерсону сказать [2]: «*Физика элементарных частиц и, в частности, редукционистские подходы, обладают лишь ограниченной возможностью объяснять устройство мироздания. Реальность имеет иерархическую структуру, каждый уровень которой в определённой степени независим от уровней, находящихся выше и ниже. На каждой стадии необходимы совершенно новые законы, концепции и обобщения, требующие не меньшего вдохновения и творчества, чем на предыдущих. (...) Психология – это не прикладная биология, так же как и биология – это не прикладная химия*». Но абсолютизация различий (живого и неживого, веры и знания, науки и инновации и так далее) столь же недопустима, что и абсолютизация единства: единство есть всегда единое многого, а многое берётся и познаётся только в его единстве – только единое пространство различных сущностей позволяет им встречаться, узнавать о взаимном различии, сосуществовании и взаимодействовать. В человеке нераздельно и неслиянно сосуществуют как его уникальное мгновенное существование (ведь мир – это единая иерархия множества миров и мгновений их существования) в бескрайней Вселенной, так и причастность к единому прародителю-космосу, родившему его по закону космоса, непосредственно данному ему через его физических и духовных родителей (у которых были свои родители – цепь превращений уходит через появление биосферы в Большой Взрыв 13,7 миллиардов лет тому назад, положивший начало нашему пространству-времени, о чём будет идти речь ниже).

Не случайно первые античные натурфилософы делали акцент то на различии, то на единстве. Для Анаксагора (500 – 428 до н. э.) начальное существование мира представляло собой неподвижную бесформенную смесь (неподвижность шла от императива инвариантности, смесь – от императива изменчивости) бесчисленного множества мельчайших, чувственно не воспринимаемых частиц-семян всевозможных веществ. Внешний активный ум (*нус*) привёл неподвижные семена во вращательное движение, рождая наблюдаемую картину космических вихрей. Для Демокрита (родился около 460 г. до н. э. и жил около ста лет) мир есть неизменные, вечные и различной формы атомы и пустота, позволяющая им двигаться. Экзистенциальное измерение мира отобразилось в античном политеизме, сменившемся в последнюю пару тысячелетий развилкой (духовной бифуркацией) на буддизм (с его океаническим чувством всеединства всего существующего и ложностью членения реальности на Творца и творение) и на теизм с его абсолютизацией Творца (христианство и ислам). Вероучение коммунизма, как и мировые религии, исходило из возможности полного уничтожения социального и прочего зла и хаоса, только с опорой не на Всемогущую волю, но на научный разум. Сегодня мы знаем, что хаос можно и нужно постоянно вытеснять из зон упорядочения ценой его общего увеличения (парадигма единого динамического хаоса с его самоорганизующейся критичностью через коллективные взаимодействия, подобной песочным часам, где в определённый момент добавление одной песчинки вызывает лавинное обрушение стационарного течения процесса и, вообще говоря, фазовый переход в новое стационарное состояние). Сегодня мы знаем, что мир структурирован не только в пространстве, но и во времени, что первичны не понятия пространства и времени, но

некоторый род их соединения в световых образах (переход от пространства и времени к единому пространству-времени, от векторов – к спинорам как своего рода комплексным квадратным корням из вектора, от обычных величин и чисел – к квантовым операторам). Идея самоорганизации действительного мира делает излишними идеи внешнего толчка со стороны трансцендентного Ума (Анаксагор, Аристотель) или надприродного Творца (теизм). В человеке соединяются *что* (вещество) и *как* (закон его проявления, *душа* и *дух*). Человек как универсальное наиприроднейшее существо реализовал соединение универсальной динамики многообразной действительности с универсальной статикой его инвариантов и законов сохранения.

Согласно сегодняшней физической картине мира элементами мира являются кванты возбуждения физического вакуума, *струны*. Их обобщение на *суперсимметрию*, переводящую друг в друга *фермионы* и *бозоны*, частицы полуполого и целого спина (спин есть мера квантовой закрученности частицы, завихрённости элементов мира согласно гениальной догадке Анаксагора), именуется *суперструнами*, а на многомерное обобщение – *бранами* (от слова *мембрана*). Демокрит был вынужден ввести вакуум как *ничто*, чтобы обеспечить динамику атомов (у Демокрита атомы суть *бытие*, пустота – *небытие*), хотя по Пармениду *бытие есть, а небытия нет*. Современный физический вакуум есть скорее всё, чем ничто. Если мы открываем бутылку шампанского, то видим возникающие в нём пузырьки. Атомы, а точнее, струны, скорее подобны именно пузырькам вакуума или небольшим дискретным волнам на поверхности океана-вакуума. Дискретность возникает из взаимной компенсации континуума колебаний: выживают только *резонансы*, имеющие меру нуль в множестве всех колебаний. Струны имеют дискретные моды резонансных колебаний, и все элементарные частицы суть различные моды колебаний струн (эта идея реализует интуитивные догадки о космических ритмах древнеиндийской натурфилософии), переходящие друг в друга при высоких температурах. В этом смысле различные частицы суть различные состояния одной (любой) из них. Так современная физика соединила единое и многое, что на своём уровне пытались различными способами делать античные натурфилософы.

Единство мира и истины о мире, которая есть процесс, как и сам мир, проявляется в наличии на самом деле только одной науки о мире – *физики* как универсальной науки (с математикой как её универсальным языком) о природе: «*фюсис*» по-гречески и означает «природа». Конечно, понятие науки физики здесь трактуется глубже и более расширительно, чем в обычном словоупотреблении, не улавливающим наличия единого смыслового стержня всего корпуса знания. Например, природа, физика эмоций – это психология, физика социума – социология, природа экономики – *эконофизика*, и так далее. А отмеченная Филиппом Андерсоном иерархия наук оправдана тем, что каждое научное понятие имеет предел применимости. Но новое понятие рождается только при достижении предела применимости старого понятия. При этом каждая система научных понятий противоречива, и зрелое знание всегда ищет свои основания, рождая новые понятия. Самокритичность науки – оборотная сторона её универсальности как точного всеобъемлющего знания: мировая наука одна, а основанных на догматах мировых религий несколько (они развиваются через расколы и преодоление ересей). С каждым принципиально новым понятием происходит глубокое смысловое преобразование всей научной картины мира. Суть науки лучше всего понять в её историческом контексте: ведь, как сказал Гегель, голый результат – это труп, оставивший позади себя тенденцию.

Первой точной наукой стала математика (*точное знание* по-голландски). Когда, преодолевая чувство реальности, Евклид заговорил о несуществующих в природе «не имеющих частей точках», о «линиях как длины без толщины» и так далее, эмпирическое *землемерие* превратилось в теоретическую *геометрию*. Удалось доказать простую *теорему Фалеса* о равенстве (нижних) углов равнобедренного треугольника: если проведём биссектрису (верхнего) угла и согнём вокруг неё треугольник, то боковые стороны наложатся друг на друга и полностью совпадут, а совпадение полученных

половинок треугольника означает, что биссектриса является медианой и высотой, а углы при основании равны. При этом понятие длины отрезка точно определено только для пары не существующих в природе точек, сам отрезок состоит из континуума точек (столько же, сколько у бесконечной прямой, плоскости и куба) и бесконечно делим. Но на планковских масштабах (10 в степени минус 33 сантиметра) квантовые флуктуации длины сравнимы с самой длиной, и исчезает само понятие точной длины. Отрицание бесконечной делимости отрезков влечёт отсутствие в природе иррациональных чисел и самой актуальной бесконечности, как о том писал Давид Гильберт [3]. Эта потеря окупается тем, что на новых масштабах новая физика «заказывает» новую математику.

Первой физической картиной мира стала *механика Ньютона* (1687). Она до сих пор позволяет рассчитывать траектории космических аппаратов, но превратила мир в мёртвую механическую машину. Бесконечная делимость идеализованных объектов абсолютного однородного плоского пространства и равномерно текущего абсолютного времени позволила Ньютону построить теорию флюксий (дифференциальное исчисление). Сейчас мы знаем, что радиус кривизны пространства у поверхности Земли порядка расстояния до Солнца (500 световых секунд), так что сумма углов у (выполненного лучами лазеров) вертикального треугольника меньше двух прямых углов, а у горизонтального – больше (и *секционная кривизна* вдоль горизонтального 2-направления по абсолютной величине вдвое больше, чем вдоль вертикального). Экспериментально доказано, что у поверхности Земли приближение точных часов к её центру на 1 см приводит к замедлению их хода на 10 в степени минус 18 сантиметра в минус первой степени (так что голова и ноги у стоящего человека живут в разном времени). Но механика Ньютона исходит из следующих постулатов.

(1) Пространство трёхмерно и евклидово, время одномерно.

(2) Принцип относительности Галилея: существуют инерциальные системы отсчёта, в которых (а) все законы природы во все моменты времени одинаковы, при этом (б) все системы отсчёта, движущиеся равномерно и прямолинейно относительно инерциальных, сами тоже инерциальны.

(3) Принцип детерминированности Ньютона: начальное состояние механической системы (совокупность в какой-то момент времени положений и скоростей имеющих неизменные массы материальных точек) однозначно определяет всё движение.

Пространство-время ньютоновой механики есть аффинное пространство A^4 с галилеевой структурой, состоящей из трёх элементов. (1) Мир есть пространство мировых точек-событий A^4 с параллельными переносами, образующими вещественное числовое пространство R^4 , имеющее выделенную начальную точку. (2) Время есть линейное отображение $t: R^4 \rightarrow R$. Оно одной паре событий a, b сопоставляет интервал времени $t(b-a)$. Ядро этого отображения R^3 переводит каждое пространство A^3 в себя. (3) Скалярное произведение в R^3 превращает его в евклидово пространство E^3 и тем задаёт расстояния между одновременными событиями A^3 . Группой симметрии галилеева мира является сохраняющая галилееву структуру галилеева группа преобразований, сводящаяся к равномерному движению, пространственным вращениям и параллельным сдвигам галилеева пространства-времени.

Движение системы материальных точек определяет отображение оси времени в конфигурационное пространство, размерность которого втрое больше числа указанных точек. Согласно принципу детерминизма Ньютона начальные положения и скорости точек определяют их ускорения. Галилеева симметрия определяет их зависимость только от разности их координат и скоростей. Для отдельной материальной точки это означает постоянство вектора ускорения, равного нулю в силу изотропии пространства. Таким образом, первый закон Ньютона следует прямо из симметрии галилеева мира.

Второй закон Ньютона (сила равна произведению массы точки на её ускорение) следует из принципа экстремума действия, который выводится в свою очередь из

квантового принципа конструктивной интерференции путей эволюции физической системы: так природа сама нащупывает фундаментальную простоту своих фундаментальных законов. Ньютонова потенциальная механическая система задаётся массами точек и потенциальной энергией. Её градиенты по радиус-векторам определяют действующие на них силы. Из уравнений Эйлера-Лагранжа, отвечающих принципу экстремума действия, и из однородности пространства следует равенство нулю суммарной силы, действующей на частицы замкнутой системы, в которой все силы по определению суть силы взаимодействия точек. Для системы двух материальных точек получается третий закон Ньютона – равенство действия и противодействия. Уравнения Эйлера-Лагранжа второго порядка эквивалентны удвоенному числу уравнений Гамильтона первого порядка, имеющих вид системы обыкновенных дифференциальных уравнений в координатно-импульсном фазовом пространстве точек x (ниже X – векторное поле): $\partial x / \partial t = X(x)$. Векторное поле Y , коммутирующее с X , называется *симметрией*. В выпрямляющих координатах имеем $Y=(1,0,\dots,0)$, и коммутатор сводится к независимости X от первой координаты. В выпрямляющих уже само поле X координатах получаем полную систему *интегралов движения*, зависящих только от начальных условий и полностью задающих движение механической системы.

Второй научной картиной мира стала *электродинамика Максвелла* (1864), объединившая электричество, магнетизм и свет в одну теорию. Скорость света в ней была фундаментальной физической константой. Уравнения Максвелла равно просты и фундаментальны (и тем прекрасны): кодифференциал дифференциала вектор-потенциала равен току (с постоянным множителем), а дифференциал дифференциала (нулевой оператор) вектор-потенциала равен нулю:

$$\delta dA = 4\pi J, ddA = 0$$

$$\delta = *^{-1} d*, A = A_{\mu} dx^{\mu}$$

Здесь A – внешняя 1-форма (ковектор, вектор с опущенным с помощью метрики координатным пространственно-временным индексом, по которому предполагается суммирование), звезда – оператор Ходжа (оператор перехода к ортогональному дополнению), внешний дифференциал (здесь – ротор ковектора) в общем случае означает частную производную с альтернированием индексов (поэтому квадраты дифференциала и кодифференциала равны нулю), кодифференциал равен со знаком минус ковариантной дивергенции стоящей справа внешней формы (ковариантная производная как удлинённая частная производная переводит тензор как однородно преобразующуюся величину снова в тензор, не зависящий от выбора координат: *инвариантами* дифференциальной геометрии – а всякая теория имеет дело с инвариантами данной теории – являются *геометрические объекты* типа мировых точек, тензоров и связности, не зависящие от выбора координат). Равенство нулю кодифференциала тока, то есть его *козамкнутость*, означает его сохранение (закон сохранения электрического заряда).

Максвелл был обречён работать в рамках системы понятий ньютоновой механики и строить механическую теорию светоносного эфира. Майкельсон (опыт 1881 года) попытался обнаружить эфирный ветер от движения Земли, движущейся со скоростью 30 км/с в Солнечной системе отсчёта. Опыт и его повторения (в том числе со светом от звезды) дали отрицательный результат. Эйнштейн (1905) эксплицировал имплицитное содержание электродинамики Максвелла постулатом: скорость света во всех инерциальных системах отсчёта одинакова, не зависит от скорости движения наблюдателя. Это придаёт скорости света характер предельной величины, бесконечности: прибавление к бесконечной величине любой конечной величины (или бесконечной той же мощности) не изменяет её. Но бесконечные углы мы имеем на псевдоевклидовой плоскости (t,x) с квадратом длины $s^2 = -t^2 + x^2$ (для суммы квадратов время ничем не отличалось бы от пространства) между событиями $(0,0)$ и (t,x) . Событие означает точку,

взятую в один момент времени. Неподвижной точке пространства отвечает цепочка событий вдоль времени (*мировая линия* соответствующего наблюдателя), пара *одновременных* событий разделена интервалом пространства, *ортогональным* оси времени данного наблюдателя (локальные пространства различных наблюдателей различны), мировые линии распространения световых сигналов в противоположных направлениях с точностью до сдвига на константу описываются линейными уравнениями: $t = \pm x$ (расстояние измеряем в световых секундах, принимаем скорость света $c = 1$). Вектор-гипотенуза (t, x) равна сумме временного $(t, 0)$ и пространственного $(0, x)$ векторов-катетов. Световая гипотенуза соединяет, скажем, событие «отправление светового сигнала» с Земли (в плоском, для простоты, мире) на *квазар* в 10 миллиардах световых лет от неё и событие «отражение светового сигнала» от уголкового отражателя (посылающего сигнал обратно) около квазара. Этот вектор-гипотенуза сам себе ортогонален и параллелен (изотропен) и имеет нулевую длину.

Эйнштейн назвал свою теорию специальной (частной) теорией относительности. Теперь относительны пространство и время как «тени», проекции единого пространства-времени: всякая относительность есть переход к новой абсолютности. У Птолемея и Коперника абсолютными были совершенные круговые траектории совершенных небесных тел, у Кеплера – эллипсы, у Ньютона – закон всемирного тяготения, отменяющий эллипсы как приближённые образы: теперь даже полёт воробья изменяет гравитационное поле Вселенной и орбиты звёзд. Группа симметрии Галилея сменилась сохраняющей мировые расстояния между точками-событиями (и скорость света) неоднородной группой Лоренца (группой Пуанкаре): 3 пространственных вращения, 3 лоренцевых *буста* (вращения единичной 4-скорости наблюдателя в пространстве-времени, переходы к другим инерциальным системам отсчёта) и 4 трансляции вдоль времени и пространства. Группа Лоренца является *деформацией* группы Галилея (деформация есть включение объекта в семейство с параметром деформации) с $1/c$ (c – скорость света) в качестве параметра деформации. Абсолютом общей теории относительности стало искривлённое массами и давлением пространство-время. Квантовая механика переосмыслила физические наблюдаемые величины как (описываемые бесконечномерными, вообще говоря, матрицами) некоммутирующие операторы, деформируя классическую механику с постоянной Планка в качестве параметра деформации. Приравнивание нулю параметров деформации возвращает нас от релятивистской квантовой механики к механике Ньютона. Новая физика не отменяет, но обобщает старую как блок новой картины мира. Но, как говорится, коготок увяз – всей птичке пропасть: старые понятия рожают понятия новые, радикально изменяющие мировоззрение. Будущая единая теория физических взаимодействий установит связь всех трёх фундаментальных физических констант (постоянной тяготения Ньютона, постоянной Планка и скорости света) и удивит нас освежающей новизной. Именно *принцип финитизма* Гильберта, отрицающий актуальную бесконечность (с её не выходящим дальше самого выхождения правилом «и так далее до бесконечности», хотя так до бесконечности ничто не продолжаемо, поскольку рано или поздно изменяются сами правила), открывает путь к богатству картины мира, невозможной без фундаментальной простоты его элементов (принципиально разнородные элементы просто не сочетаемы в единую конструкцию, и развитием *монизма*, например, является не отрицающий единство *дуализм*, но *протомонизм*, как бы «извлекающий корень» из монизма и понимающий единство как двуединство).

Длина мировой линии наблюдателя есть по определению его собственное время (оно задаётся показаниями его атомных часов: здесь физика, состоящая из практики и теории-геометрии, встречается и соединяется со своей абстрактной геометрией с её длинами дуг мировых линий, что превращает общую теорию относительности в своего рода *хроногеометрию*). Для светового наблюдателя время останавливается: он за одно мгновение достигает квазара (в его световой системе отсчёта расстояние до него равно нулю) и мгновенно возвращается на постаревшую на 20 миллиардов лет Землю (парадокс

близнецов в предельном выражении). Прежней Земли он не застанет: Солнце гравитационной конденсацией зажглось 5 миллиардов лет тому назад и будет пережигать свой водород в гелий ещё примерно столько же лет – затем давление света ослабнет, имплозия как взрыв внутрь сменится эксплозией как взрывом наружу, и оболочка взорвавшегося Солнца достигнет окрестности Земли.

Постоянство скорости света для всех наблюдателей означает относительность одновременности. Если наблюдатель в центре кубической комнаты-купе в вагоне проносящегося мимо платформы поезда зажжёт спичку, то первые фотоны в его системе отсчёта достигнут её противоположных стен одновременно, но не одновременно для наблюдателя на платформе (в космосе расстояние между правым и левым фотонами спустя секунду станет 600 000 км, хотя в системе отсчёта правого фотона скорость левого фотона равна 300 000 км/с в силу релятивистского закона сложения скоростей, отличного от закона увеличения расстояний между какими-то событиями). Поскольку размер предмета (скажем, длина стола) есть расстояние между одновременными положениями его краёв, длина движущегося предмета сокращается в направлении движения из-за изменения одновременности при переходе в состояние движения. Если представим горизонтальную пару зеркал с вертикально движущимся между ними фотоном, то его отражения задают темп времени. Если мы движемся относительно зеркал влево, то они смещаются относительно нас вправо, и с нашей точки зрения тот же фотон между отражениями преодолевает уже чуть большее расстояние. Но поскольку его скорость та же, то для нас темп времени движущегося наблюдателя замедляется (он то же скажет о нашем времени). Постоянными остаются в пространстве-времени единичные 4-скорости каждого наблюдателя (в комнате, на платформе, 4-скорости зеркал и так далее), разделённые гиперболическим углом, гиперболический тангенс которого и равен относительной скорости (в долях скорости света). Для плюс-минус скорости света тангенс бесконечного гиперболического угла равен плюс-минус единице, а световая мировая линия имеет нулевую длину вдоль светового 4-вектора нулевой длины.

Это означает, что для светового наблюдателя равно нулю расстояние как до квазара впереди, так и до квазара позади: его трёхмерное пространство вырождается в двухмерное, 1+3 расщепление пространства-времени на время и пространство сменяется *диадным* 2+2 расщеплением (соответствующий *диадный формализм* предложен автором в 1971 году на защите кандидатской диссертации в ГАИШ МГУ). Различие между квазарами впереди и позади – в картине небесной сферы. Из-за релятивистской аберрации света передняя полусфера стягивается в апекс движения с неограниченным голубым смещением света звёзд спереди, а задняя полусфера стягивается в антиапекс движения с неограниченным красным смещением, просто исчезает (при падении на *чёрную дыру* при пересечении горизонта событий так же исчезает небо покидаемого мира). При отражении светового наблюдателя от зеркала существующий и исчезнувший полумиры меняются местами (даже само наличие частиц зависит от системы отсчёта)..

Но *преодоление нулевого расстояния за нулевое время нельзя считать движением!* Это исходное *световое состояние*. Исходное, потому что собственное значение *квантового оператора* скорости равно именно плюс-минус скорости света (квантовая механика переосмысляет физические величины как операторы, а их значения – как собственные значения этих операторов; при этом вся физическая теория строится *операционально*, с привязкой к измерениям с помощью приборов и отождествлением их показаний с абстрактными математическими объектами – в физике существует только то, что можно в принципе измерить). Понятие покоя и связанное с ним понятие локализации не являются первичными понятиями! Покой есть стоячая волна, суперпозиция двух встречных волн, световых состояний (волна существует сразу во всём пространстве, а локализация достигается суперпозицией волн, компенсирующих друг друга всюду, кроме данного локального места). В релятивистском квантовом фундаменте мира нет скоростей и ускорений, но есть комбинации световых состояний (сумма световых времён даёт

обычное время, разность – обычное пространственное измерение). Релятивистская квантовая механика устанавливает вторичность привычных понятий пространства, времени и связанных с ними понятий скорости, ускорения, локализации, массы покоя.

Гравитационный потенциал (потенциальная энергия со знаком минус) на расстоянии r от материальной точки с массой m равен m/r (потенциал расходится при нулевом расстоянии и исчезает при бесконечном), а плотность гравитационной энергии равна $-m^2/8\pi Gr^4$, где G есть постоянная тяготения Ньютона. Эта энергия отрицательна: чтобы растащить два кирпича на бесконечность друг от друга до их нулевого гравитационного взаимодействия, необходимо затратить положительную массу-энергию для преодоления их притяжения. Вся Вселенная мгновенно чувствует в теории Ньютона изменение гравитационного поля при смещении материальных точек, массы которых являются порождающими гравитационное поле гравитационными зарядами (в квантовой механике гравитация объясняется обменом между телами виртуальными векторными гравитонами, взаимодействие электрических зарядов – обменом виртуальными фотонами, взаимодействие кварков в протонах и нейтронах – обменом виртуальными глюонами; виртуальность означает нарушение закона сохранения массы-энергии за малый интервал времени, определяемый *принципом неопределённости* Гейзенберга – так банковский клерк может воровать и возвращать банковские деньги в интервале между проверками наличности, которые физически невозможно проводить непрерывно; сегодня биржевые игроки зарабатывают капитал даже на запаздывании на доли секунды информации об изменении цен). В квантовой механике измерение («проверка наличности») изменяет состояние измеряемого объекта (сама наша жизнь деформируется непрерывным контролем и самонаблюдением, опасными вне разумных пределов).

Из одинаковости ускорений свободного падения любых масс в вакууме следует пропорциональность (и равенство при естественном выборе единиц измерения) инертной и гравитационных масс. Общая теория относительности Эйнштейна учла как релятивистское запаздывание распространения гравитационного взаимодействия, так и локальную эквивалентность гравитации и инерции: гравитационное поле в центре масс Международной космической станции можно считать нулевым, а в ускоренной системе отсчёта в плоском пространстве-времени Минковского – ненулевым. Чтобы ускорить континуум пробных тел, реализующих систему отсчёта (воображаемых наблюдателей с часами и датчиками ускорений в каждой точке пространства), необходимо ускорить и тем возбудить датчики наблюдателей. Их релаксация сопровождается излучением вперёд частиц, вызывающих отдачу. Поддержание постоянного ускорения требует затраты массы-энергии, которая и определяет ненулевое гравитационно-инерциальное поле ускоренной системы. Это означает, что вакуум чувствует ускорения, но не чувствует инерциального движения.

Если скорость света одинакова для всех наблюдателей, то вакуум для всех инерциальных наблюдателей неподвижен. Можно предположить, что это указывает на световую природу вакуума. Вакуум непрерывно флуктуирует, «кипит», в нём непрерывно рождаются и аннигилируют пары частица-античастица. Но световые частицы как первичные элементы материи не чувствуют инерциального движения.

Релятивизм приводит к идее материальности физического поля и локализации. Универсальность геометрических свойств пространства-времени и гравитации позволила свести силы тяготения к сближению движущихся по инерции пробных тел в искривлённом пространстве-времени (такие траектории максимальной длины называются геодезическими линиями; в то же время любые два события можно соединить ломаной геодезической нулевой длины). Например, Земля за секунду смещается на 30 км при вращении вокруг Солнца и на 300 000 км вдоль оси времени: именно Солнце больше всего прогибает пространство-время Солнечной системы, и траектории планет навиваются на мировую линию центра масс этой системы. Неточечность Земли вызывает приливные силы: разные её части с различной силой притягиваются к Луне и Солнцу даже

в квазиньютоновом приближении. Но приливные силы, скажем, в атомах пренебрежимо малы, и о приливных квантовых гравитационных эффектах говорить не приходится. Но поскольку кулоновские силы взаимодействия, скажем, протона и электрона чуть не на 40 порядков больше их гравитационного притяжения, то квантовые электромагнитные эффекты наблюдаемы (*лямбовский сдвиг* энергетического уровня электрона в атоме): при непрерывном рождении и схлопывании вакуумных виртуальных пар электрон-позитрон из-за разного взаимодействия элементов пар с электроном и из-за рождения связанным электроном виртуальных фотонов (радиационные поправки) его энергетический уровень изменяется.

Уравнения гравитационного поля Эйнштейна-Гильберта в координатной записи ($x^\mu = (x^0, x^1, x^2, x^3) = (t, x, y, z)$) имеют вид:

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}$$

Здесь слева стоят тензор кривизны Риччи, его след и космологическая постоянная (лямбда-член), умноженные на метрический тензор (симметричная 4x4 матрица как функция координат мировой точки-события), справа – тензор энергии-импульса материальных источников (материя указывает пространству-времени, как ему искривляться, а геометрия указывает материи, как ей двигаться). Используя тождество

$$R_{a\mu} dx^\mu \equiv R_a = (\delta d + d\delta + \nabla^2) e_a,$$

$$R_{a\mu} = e_a^\nu R_{\nu\mu}, e_a = e_{a\mu} dx^\mu$$

мы придали уравнениям Эйнштейна-Гильберта вид уравнений Максвелла [4]:

$$\delta d e_a = 8\pi G S_a$$

$$\nabla^\mu S_{a\mu} = 0$$

$$8\pi G S_a = 8\pi G (T_a - \frac{1}{2} T e_a) - (d\delta + \nabla^2 - \Lambda) e_a$$

перенеся в правую часть все члены, кроме кодифференциала дифференциала тетрадного вектора (a – его номер и лоренцев индекс; тетрада есть система отсчёта, система эталонов длин и углов, определяющая метрику, оператор «набла» ∇_μ – ковариантная производная, $\nabla^2 = \nabla^\mu \nabla_\mu$ – даламбертиан, $\delta d + d\delta$ – топологически и метрически самосопряжённый лапласиан). Определённые нами *тетрадные токи* по определению сохраняются (козамкнуты). Величина S_{00} задаёт плотность гравитационной энергии, отрицательной в квазиньютоновых полях и положительной для гравитационных волн при лоренцевой калибровке (козамкнутости) тетрады, необходимой при квантовании гравитации. Этот (*полутетрадный*, один индекс уравнений тяготения тетрадный, другой – координатный) подход к решению проблемы гравитационной энергии (с учётом вклада кривизны пространства-времени и неинерциальности системы отсчёта) свободен от недостатков, присущих (зависящим от выбора координат, не общековариантным, что физически недопустимо) гравитационным псевдотензорам Эйнштейна и Ландау-Лифшица.

Метрика усреднённого по большим масштабам космологического субстрата нашей Метагалактики имеет вид (в полярных координатах), близкий к метрике де-Ситтера:

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{r^2}{a^2}\right)dt^2 + \frac{dr^2}{1 - \frac{r^2}{a^2}} + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta \cdot d\varphi^2)$$

$$\Lambda/3 = 1/a^2$$

Метрика определяет 4-расстояние между мировыми точками $(x^\mu), (x^\mu + dx^\mu)$, величина a является постоянным радиусом кривизны нашего пространства-времени, равным 10^{28} см. Данные координаты кривизны недопустимы на горизонте событий $r = a$, а за горизонтом координата t становится пространственной, координата r – временной (скорость разбегания геодезических превосходит скорость света: скорость увеличения расстояний может быть любой – ограничена только скоростью передачи сигналов). Метрика де-Ситтера реализуется на однополостном гиперboloиде, вложенном в плоский 5-мерный мир Минковского. Написанная метрика отвечает пространственным сечениям в виде 3-сфер. Но имеются и плоские пространственные сечения (геодезически неполной) части гиперboloида. Наша расширяющаяся по закону Хаббла Метагалактика (скорость удаления далёких галактик радиальна и пропорциональна их удалению) отвечает именно этой системе отсчёта. Мир де-Ситтера заполнен только однородной вакуумной материей.

В наблюдательной космологии вакуумная материя (космологическая постоянная, скалярное физическое поле) содержит 0,7 полной материи Метагалактики, неоднородно распределённая тёмная невидимая материя неизвестной природы – примерно долю 0,25, видимая газо-пылевая и звёздная материя – оставшуюся долю 0,05.

Ускоренные массы излучают гравитационные волны, изменяющие расстояния между пробными частицами. Из-за малости гравитационной постоянной гравитон до сих пор не открыт, хотя существование гравитационных волн и их распространение со скоростью света предсказано Эйнштейном ещё в 1916 году из анализа линеаризованных уравнений тяготения. Но радиационное торможение двойной пары нейтронных звёзд (нейтронные звёзды имеют массы порядка солнечной, но радиусы – около 10 км: электроны как бы «вдавлены» чудовищным давлением в протоны, превратившиеся в нейтроны) косвенно подтверждает наличие гравитационного излучения.

Если Землю сжать в шарик размером 1 см (это её гравитационный радиус, равный для Солнца 3 км, для ядер галактик – много больше), то вторая космическая скорость превысит скорость света, и образуется чёрная дыра: даже свет не вылетает изнутри неё. Рождение чёрных дыр коллапсирующим в точку тяготеющим веществом естественно: бесконечная кривизна при нулевом значении радиальной координаты (под горизонтом событий она становится временем) мгновенно схлопывает все, пространственные и временные, геодезические, и конус их захвата сингулярностью вырождается в гиперплоскость. Но из бесконечности захватывается только луч, нацеленный на чёрную дыру как на точку на небосводе, и конус захвата вырождается в свою ось. Непрерывная деформация этого конуса при удалении от центра означает наличие расстояния, на котором соприкасаются конус захвата мировых линий и световой конус – это и есть граница чёрной дыры. На ней, как на переломе водопада, удерживаются и застывают только фотоны, несущиеся точно «вверх по течению» и «неподвижные» относительно воображаемых берегов. Дефект излучения ядер галактик косвенно свидетельствует о наличии в их центрах чёрных дыр. Если у виртуальной пары частица-античастица одна компонента (отрицательной массы) упадёт в чёрную дыру, а другая (положительной массы) улетит наружу, масса чёрной дыры изменится – это открытое теоретически Стивеном Хокингом квантовое испарение чёрных дыр. Для (безвозвратно) падающего в чёрную дыру наблюдателя знаки масс частиц противоположны из-за изменения сигнатуры его пространства-времени в силу сверхсветовой скорости удаления от внешнего наблюдателя. Нарушающие выполняющийся только в среднем закон сохранения массы-энергии виртуальные отрицательные массы возникают и исчезают за короткое время,

определяемое квантовым принципом неопределённостей Гейзенберга (теория струн вносит в этот принцип небольшие поправки).

Понятие времени имеет предел применимости не только из-за особого статуса световых состояний, но и из-за принципа неопределённостей. Этот принцип характерен для *парадигмы квантовости* физического мира и существенно изменяет его картину. Операциональный характер современной физики означает существование только измеримых величин. Но одновременно существуют только величины, операторы которых коммутируют. Однако операторы координаты и импульса, указывающего, куда «скакнёт» система в следующий момент времени, не коммутируют. Предположим, что мы аппроксимировали мгновенное состояние Вселенной бесконечным набором тетраэдров. Каждый тетраэдр определяется шестёркой длин его рёбер. Вводя для каждого ребра измерение бесконечномерного пространства, получаем геометрию Вселенной как точку счётно бесконечномерного пространства. Уменьшение длин рёбер позволяет сколь угодно точно аппроксимировать 3-геометрию как *геометродинамическую* координату. Но точное её задание означает полную неопределённость импульса, то есть, строго говоря, отсутствие самого времени. Джон Арчибальд Уилер понял, что континуального пространства-времени как основного объекта общей теории относительности в природе не существует [5]. Он ввёл суперпространство 3-геометрий для квантования гравитации. Тогда уравнения тяготения описывают квантово размытую геодезическую в этом пространстве. Истинная сигнатура вместо лоренцевой (- + + +) стала (+ + +). Мы заметили, что можно восстановить симметрию переменных принципа неопределённостей, расслоив начальную 3-геометрию на 2-геометрии плёнок и точно отслеживая эволюцию во времени одной из них ценой утраты одного пространственного измерения. Тогда сигнатура (- + +) столь же законна, что и (+ + +). Из временной и пространственной координаты можно составить им эквивалентную пару световых координат. Их одновременная данность недопустима, но допустима квантовая флуктуация сигнатуры (\mp + +), допустим, с планковской частотой 10^{33} циклов в секунду [6] (гипотеза флуктуирующей сигнатуры опубликована нами в тезисах Российской гравитационной конференции в Пушино под Москвой в мае 1993 года; можно, вообще говоря, предположить перевозникновение нашего мира с этой частотой, имея в виду квантовую структурированность времени и древнеиндийские интуиции о космических ритмах разного масштаба - тогда космос существует тоже только одно космическое мгновение, которое кажется вечностью с точки зрения микроциклов). Если ввести комплексные световые некомутирующие координаты $y \pm iz$, то можно истинную размерность квантового пространства-времени сократить до двух - здесь работают уже интуиции парадигмы *фрактальности*: густо заполняющая квадрат одномерная линия имеет близкую двойке фрактальную размерность, а фрактальная 2-геометрия элементов может физически проявляться как макроскопическая 4-геометрия. Кстати, наш мир почти пуст - редкие звёзды, ядра атомов вещества в 100 000 раз меньше самих атомов и так далее: фрактальная размерность занимаемого веществом в 3-пространстве объёма примерно равна двум.

Принцип неопределённостей лишает понятие локализации элементарной частицы точного смысла, так что ошибочны утверждения для одномерного пространства «частица находится в интервале (-1, 1)» и «частица находится вне интервала (-1,1)», но истинно утверждение «частица находится в интервале (-1,1) или вне интервала (-1,1)» (ведь объединение, дизъюнкция «или» интервалов даёт всю прямую). Обозначим первые два утверждения логическими переменными b, c (по отдельности они равны нулю). Тогда последнее утверждение как их дизъюнкция «или» имеет вид $b+c$ (значение истинности этой суммы равно единице). Пусть a означает утверждение «частица движется слева направо» (значение истинности – единица), а произведение означает конъюнкцию «и». Если логика дистрибутивна, то $a(b+c)=ab+ac$. Подставляя значения истинности, получаем $1=0+0=0$. Это противоречие означает *недистрибутивность квантовой логики*. Но

привычная *булева* (аристотелева) логика дистрибутивна. Пусть, скажем (пример петербургского физика Андрея Гриба), логические переменные суть: «в городе одна банда ограбила банк», причём, по условию задачи, в городе только две банды и других быть не может, «ограбление совершила первая банда» и «ограбление совершила вторая банда». Тогда из отрицания, что «ограбление совершила первая банда», следует «ограбление совершила вторая банда» (больше некому, а иначе снова $1=0$). В недистрибутивной логике этого вывода сделать нельзя. Однако обычная логика вырастает из квантовой логики – ведь макромир стоит на квантовом фундаменте и квантов внутри себя.

Кривизна пространства-времени описывается тензором кривизны Римана (20 компонент). Он разлагается на бесследовую часть (тензор конформной кривизны Вейля, отвечающий свободной части гравитационного поля, отрывающейся от материальных источников, 10 компонент) и следовую часть (тензор Риччи, 10 компонент). Тензор Вейля деформирует 3-объёмы вдоль геодезических потоков с сохранением их объёмов (граничная 2-сфера 3-шара становится в первом приближении трёхосным эллипсоидом; скажем, падающее на Землю облачно пыли вытягивается в сторону неё из-за дифференциального притяжения Землёй пылинок, которые здесь считаем пробными, невесомыми), а тензор Риччи деформирует 3-объёмы (скажем, шарик пыли сжимается из-за взаимного притяжения весомых пылинок с геодезическими мировыми траекториями из-за нулевого давления не сталкивающихся пылинок внутри этого шарика).

Представим себе плоский мир Минковского, через который проходит пакет сильных плоских гравитационных волн с нулевой кривизной Риччи, но с ненулевой конформной кривизной, так что локально пакет волн нематериален (деформируется только метрический фон, колебательно изменяющий расстояния между пробными пылинками). До и после прохождения волн мир можно считать плоским. Но неподвижные прежде невесомые пылинки при прохождении волн испытали геодезическое отклонение и, как показывает расчёт, стали равномерно сближаться с пропорциональной взаимному удалению скоростью (все цилиндры их мировых линий превратились в конусы с общей вершиной). На языке физики эти пылинки притянулись друг к другу пробежавшей между ними массой-энергией гравитационных волн, тем большей, чем дальше были пылинки друг от друга. Это означает, что усреднённые колебания кривизны Вейля эквивалентны кривизне Риччи, что локально пустой искривлённый вакуум в среднем эквивалентен веществу. Такова особенность гравитационной материи. Но и обычное вещество с ненулевой массой покоя тоже возникает из усреднений сверхмалых световых колебаний безмассовых частиц (смотри ниже).

Во время Большого Взрыва единое физическое взаимодействие распалось на сильное, электрослабое и гравитационное (примерно так вода принимает вид газа, пара, жидкости, снежинок и айсбергов при изменении температуры и условий окружения). Электрон вначале был безмассовым, то есть имел световое состояние. Масса-энергия безмассовой частицы и её 3-импульс равны произведению постоянной Планка на частоту. Эти два катета образуют 4-импульс нулевой длины. Скалярное произведение этого 4-импульса на единичную 4-скорость одиночного наблюдателя даёт воспринимаемую им частоту частицы (скажем, фотона). Из-за ускорения наблюдателя на поверхности Земли фиксируемая им частота идущего снизу вверх фотона уменьшается с высотой, хотя 4-импульс фотона сохраняется (при этом в одной системе отчёта существуют фотоны с различной массой-энергией движения, точнее, светового состояния). Это гравитационное *красное смещение* частоты можно считать потерей массы-энергии фотона на преодоление силы тяжести при его подъёме на высоту (фотон оптического диапазона весит примерно 10^{-33} грамма; Солнце каждую секунду посылает на Землю 2 кг таких фотонов, запустивших появление и поддержание флоры и фауны, включая человека).

Представим себе фотон, мечущийся между параллельными зеркалами. Ему можно в среднем приписать локализацию интервала между зеркалами и массу-энергию покоя, равную массе его светового состояния. Реальная элементарная частица типа электрона

непрерывно взаимодействует со скалярной частицей вакуумной материи (принцип неопределённости запрещает геометрическую пустоту, нулевое поле с нулевым импульсом его изменения), выписывает в пространстве-времени «зиг-заг» мировой линии со световыми звеньями «зиг» и «заг». Например, у имеющих субсветовую скорость нейтрино «зиг» много больше, чем «заг» (длина определяется проекцией 4-импульса частицы на 4-скорость наблюдателя). Но в системе самого нейтрино они одинаковы, гиперболический угол между средней 4-скоростью нейтрино и световой бесконечен, и для обгоняющего нейтрино наблюдателя оно движется в противоположную сторону с противоположным отношением звеньев «зиг» и «заг». Бозон, благодаря которому различные элементарные частицы обретают различные массы покоя, называется бозоном Хиггса, который должен быть открыт на Большом адронном коллайдере, недавно построенном близ Женевы. В нашей Метагалактике существует преимущественная система отсчёта, в которой фотонный газ реликтового излучения (оставшегося от Большого Взрыва, сегодня - с длиной волны порядка 1 мм и с концентрацией около 400 фотонов в каждом кубическом сантиметре пространства) в среднем неподвижен. Эту систему отсчёта можно получить параллельным перенесением (будем считать результат перенесения однозначным из-за в среднем однородного распределения материи в Метагалактике) в каждую точку пространства 4-импульсов каждой частицы (их меньше, чем 10 в степени 100, чем «гугол») и их суммированием.

Неограниченное приближение скорости частицы с ненулевой массой покоя к световой неограниченно увеличивает её массу движения (для световой частицы из-за эффекта Доплера возможны как неограниченный рост массы-частоты, так и неограниченное убывание её до нуля). В принципе столкновение двух частиц способно породить Метагалактику.

Разрешающая способность видения ограничена длиной волны соответствующих фотонов. Бесконечно точная локализация требует фотонов бесконечной энергии. Для Эйнштейна физика есть физика точечных событий, мировых точек пространства-времени, идущих от материальных точек ньютоновой механики. Точки «не сопротивляются» тому, что из них можно построить, и не физичны. Сегодня квантами возбуждения вакуума считаются одномерные (в первом приближении) струны. Изменение «деталей конструктора» влияет на набор возможных конструкций, и идея самоорганизации позволяет объяснить естественное появление мировых структур. Геометризация физических взаимодействий по примеру гравитации требует увеличения размерности пространства-времени: эта размерность стала динамическим параметром физической теории. Чтобы проквантовать поле фермионов (из них можно строить и бозоны), необходима размерность 11 для пространства-времени. Физические поля описываются как векторы состояния бесконечномерного пространства состояний (поскольку непрерывная функция определяется её значениями в рациональных точках числового пространства, которые можно перечислить, её можно представить бесконечномерным вектором). Векторное пространство превращается в алгебру с введением умножения векторов (например, паре векторов трёхмерного пространства можно сопоставить ортогональный им вектор, длина которого равна площади полученного из пары векторов параллелограмма, а ориентация зависит от порядка векторных сомножителей). Алгебра замкнута относительно умножения (она не выводит за пределы алгебры). Именно требование замкнутости ограничивает число степеней свободы квантуемого поля, то есть размерность пространства.

Эмпирически воспринимаемое пространство трёхмерно. Можно считать пространство зернистым, у которого недостающие 7 измерений компактифицированы на планковских масштабах. Для экспериментального проникновения на эти масштабы требуются частицы сверхвысокой энергии-частоты, сверхмалой длины волны: сталкивая «орешки» так, что они ломаются, можно по осколкам узнать их строение (строение всё более мощных ускорителей элементарных частиц требует международного

сотрудничества). Струны могут быть многократно намотаны на компактные измерения. Топологические моды их энергии пропорциональны радиусу и числу намотки. Сумма энергий квантовых (обратно пропорциональных размеру) и топологических степеней свободы не изменяется при инверсии $R \rightarrow 1/R$ размера. Эта *дуальность* теории струн означает эквивалентность бесконечно малых и бесконечно больших пространственных величин: видимое с помощью лёгких фотонов расширение Вселенной может выглядеть сжатием для приборов из сверхтяжёлых частиц.

Сохранение тока в теории Максвелла обеспечивает её *калибровочную* инвариантность относительно градиентного сдвига (добавление градиента скалярной функции к ковектор-потенциалу не изменяет его ротора, то есть тензора электромагнитного поля). По этому поводу Вейль сказал [7]: «Наиболее сильный аргумент моей теории – это то, что калибровочная инвариантность так соответствует принципу сохранения электрического заряда, как координатная инвариантность – закону сохранения энергии-импульса». В созданной после открытия корпускулярных свойств света и волновых свойств частиц квантовой теории поля идея *калибровочной симметрии* стала центральной.

В квантовой электродинамике спинорное электрон-позитронное поле не может быть свободным, но его лагранжиан (в простых механических системах плотность лагранжиана равна разности кинетической и потенциальной энергий, а действие – это интеграл его по времени; равный сумме указанных энергий гамильтониан сохраняется и не улавливает динамику системы) инвариантен относительно фазовых преобразований волновой функции (описывающей систему): в лагранжиане стоит произведение прямой и комплексно сопряжённой волновых функций, не изменяющееся при умножении волновой функции на мнимую экспоненту. Если локализовать эту симметрию, сделав фазовый множитель зависящим от координат мировой точки, то уравнения поля (уравнения Дирака) не изменятся, если удлинить частную производную введением ковектор-потенциала. Соответствующее ему электромагнитное поле возникло как следствие локализации симметрии действия унитарной группы $U(1)$ умножений на мнимую экспоненту. Электродинамика превратилась в теорию *абелевой* (коммутативной) калибровочной группы. Оказалось, что симметрия диктует взаимодействие, а динамика восстанавливает нарушенную локализацией глобальную симметрию. Локализация же связана с конечной скоростью распространения взаимодействий.

Экранировка заряда электрон-позитронными парами означает рост эффективного заряда (и константы связи) на малых расстояниях, что при электрической нейтральности фотона требует включения электродинамики в теорию неабелевой калибровочной группы. Так возникла теория *электрослабых* взаимодействий Вайнберга-Салама с калибровочной группой $U(1) \times SU(2)$. Квантовая *хромодинамика*, описывающая удержание *кварков* внутри *адронов* (в том числе протонов и нейтронов), стала теорией калибровочной группы $SU(3)$. Квантование гравитации требует включения в лагранжиан Гильберта-Эйнштейна (скалярная кривизна) дополнительных квантовых членов по кривизне, существенных для теории Ранней Вселенной. Возможно, группой симметрии единой теории будет *исключительная группа Ли E_8* или её подгруппа (Георгий Львович Ставраки, открывший *супералгебру* в 1966 году [8], использует группу E_6). Супералгебра расширяет симметрию, дополняя коммутаторы антикоммутаторами (величины a, b коммутируют, если $ab - ba = 0$, и антикоммутируют, если $ab + ba = 0$, при этом $a^2 = 0$, так что вводятся ненулевые корни из нуля - такова, например, *нильпотентная* 2×2 матрица со строками $(0, 1)$, $(0, 0)$). Суперсимметрия позволяет переводить фермионы в бозоны и дополняет группу Пуанкаре двумя отвечающими *спинорам* комплексными *грассмановыми* антикоммутирующими переменными. Квантовая «закрученность» присуща самим зёрнам пространства-времени, напоминающего на микроуровне динамично флуктуирующую пену с непрерывно «рвущейся» и восстанавливающейся топологией (ведь и гладь океана скрывает непрерывное *броуново движение* молекул его воды, а её картина дана нам

непрерывно гибнущими в каждом нашем глазу отражёнными этой гладью солнечными фотонами).

Всякая функция разлагается в сумму чётной и нечётной функций

$$f(x) = (f(x) + f(-x))/2 + (f(x) - f(-x))/2$$

То же верно для волновой функции, симметричная часть которой описывает бозоны, антисимметричная – фермионы. Но частицы одного рода тождественны. Поэтому волновая функция системы из двух электронов в одном состоянии изменяет знак при перестановке аргументов, но остаётся равной самой себе, то есть равна нулю. Это означает отсутствие систем с двумя фермионами в одном состоянии (принцип запрета Паули). Поэтому возникает таблица химических элементов Менделеева с различными ядрами и электронными оболочками (нуклоны ядра и электроны – фермионы, частицы спина 1/2). В то же время лазерный луч из когерентных фотонов (спина 1) способен прожигать корпус межконтинентальной ракеты.

Протон и нейтрон состоят из трёх заряженных кварков (заряд протона равен $2/3 + 2/3 - 1/3$, нейтрона – равен $2/3 - 1/3 - 1/3$, нулевой заряд есть результат компенсации зарядов ненулевых), полная волновая функция которых симметрична относительно их перестановки, что запрещено принципом Паули. Это заставило приписать кваркам различные «цвета», комбинация которых обязательно «бесцветна». Отсюда возникает группа симметрии $SU(3)$. Удовлетворительной теории удержания цвета и кварков, не встречающихся в свободном состоянии, пока не существует. Кварки взаимодействуют обменом несущими цвет глюонами (если фотоны нейтральны и электрически не взаимодействуют, то глюоны не нейтральны и напоминают в этом смысле «светящийся свет»). Если взаимодействие электронов убывает с расстоянием, то взаимодействие кварков – увеличивается (*асимптотическая свобода* на малых расстояниях). Кварки, связанные глюонами, напоминают резинку: растяжение увеличивает сопротивление ему, а вложение массы-энергии, равной массе-энергии начальной струны с кварками на концах, сопровождается разрывом и удвоением начальной «резинки». В этом смысле кварки неделимы. При Большом Взрыве растяжение каждой струны рождает множество частиц, и вакуум-океан почти целиком сводится к «волнам» высотой с его глубину (почти вся масса-энергия вакуума переходит в набор масс-энергий его возмущений-частиц). Каждая частица-струна стремится сжаться в точку, но принцип неопределённости заставляет её вибрировать на световой границе пространства и времени.

Рассмотрим правдоподобную гипотезу образования трёхмерного макропространства и эволюции Вселенной (истина может оказаться сложнее, но не проще). Закон сохранения массы-энергии выполняется для совокупности вакуума и вещества. Струны можно считать двухмерными шлангами (шланг издали как бы одномерен; в теории многомерных бран все струны кроме гравитонов прикреплены к гиперповерхности многомерного пространства, на которой мы и живём). Частицы кроме квантовых мод имеют большие топологические числа намотки противоположных ориентаций на компактные измерения. При одновременном флуктуационном росте именно в трёх измерениях двухмерные струны противоположных намоток с наибольшей вероятностью сталкиваются и аннигилируют (разматываются). Ослабление натяжения струн влечёт их катастрофическое раздувание: декомпактифицируются именно три измерения. Практически вся масса-энергия вакуума перешла в массу-энергию вещества: первоначальная планковская масса 10^{-5} грамма выросла на 60 порядков (это 100 миллиардов галактик по 100 миллиардов звёзд в каждой). Настолько же увеличился радиус кривизны (радиус горизонта событий) пространства-времени (объём вырос на 180 порядков), а плотность массы-энергии вакуума упала, соответственно, на 120 порядков, и настолько же выросли площадь горизонта событий и энтропия мира.

На первоначальных планковских масштабах флуктуации метрики были сравнимы с самой метрикой. На поддающемся наглядному представлению языке это означает присутствие сразу самых разных метрик, так что любая пара событий «не знала»

разделяющего их расстояния и его сигнатуры. Поэтому выжила (в интеграле по всем состояниям и путям эволюции) самая изотропная метрика де-Ситтера постоянной планковской 4-кривизны. Сигнатура пространства-времени продиктовала уравнение состояния вакуума: давление равно плотности массы-энергии вакуума с минусом (отрицательная плотность массы-энергии вакуума была квантово подавлена, поскольку в этом случае замкнутые линии времени планковского размера и различной ориентации компенсируют друг друга в интеграле по путям). Столкновение безмассовых частиц давало остальные частицы, тут же аннигилирующие. Поскольку плотность излучения из-за эффекта Доплера падала обратно пропорционально четвёртой степени размера взрывчато расширяющейся Вселенной, а вещества – пропорционально третьей степени, то радиационно-доминирующая эпоха сменилась вещественно-доминирующей, и мировые линии вещества отделили время от пространства. Гравитирующее вещество тормозило скорость расширения (*фридмановская* стадия эволюции), но плотность вещества падала, а вакуума – сохранялась, и 5 миллиардов лет тому назад замедляющееся расширение снова сменилось ускоренным (отрицательное давление вакуума действует как антигравитация). Гравитационная конденсация вещества зажгла галактики и звёзды. Звёзды большой массы стискивали вещество своих недр до образования тяжёлых элементов (на малых расстояниях сильные взаимодействия преодолевают электрическое отталкивание протонов ядер атомов, рождающихся и исчезающих в *кварк-глюонной* плазме ядер массивных *сверхновых* звёзд) и взрывались. Тяжёлая термоядерная зола снова собиралась гравитацией в планеты и звёзды типа Солнечной системы (Солнце – *жёлтый карлик* среди звёзд и потому горит относительно долго). Мы – дети звёзд, и это – научный факт.

Эволюция Вселенной от начальной стадии де-Ситтера через стадию Фридмана переходит в новую стадию де-Ситтера. Пространство-время де-Ситтера после компактификации (добавления несобственных точек) есть топологическая 4-сфера. Трансляции группы Пуанкаре на сфере отсутствуют, а допустимы только вращения. Физическое значение при этом имеют собственные значения так называемого оператора Казимира – комплексные комбинации массы и момента импульса (и спина). Это значит, что понятие массы, как и понятие пространства-времени, является в квантовом мире приближённым.

Жизнь на Земле возникла и поддерживается благодаря непрерывной переработке низкоэнтропийного излучения Солнца в высокоэнтропийное излучение Земли. Интуиции теории катастроф подсказывают появление структурно устойчивых сингулярных объектов - границ, центров (нулевого объёма) и так далее: особые множества имеют меру нуль (*лемма Сарда*). Например, около каждой звезды существует малая совместимая с жизнью тёплая зона (экосфера), а в таблице химических элементов существует элемент (углерод), способный создавать полимерные молекулы. Они мультистабильны и способны быть элементами с памятью, способны образовывать информационные системы. *Гиперциклы* (циклы в несколько звеньев) выживают и размножаются, распространяются в среде.

Молекулы ДНК хранят информацию, белки её реализуют, а молекулы РНК выступают их посредниками. В предбиологический период образовались биологически важные молекулы (сахара, липиды, аминокислоты и нуклеотиды). Их конденсация создала полипептиды и полинуклеотиды со случайными последовательностями [9]. Далее произошёл выбор единого для всего живого на Земле генетического кода, и возникли простейшие организмы, способные к авторепродукции этого кода. Органические вещества обладают избытком свободной энергии.

Жизнь в первом приближении можно определить как [10] *поток упорядочения (негэнтропии), обеспечиваемый самокоррекцией наследственного кода (в биосфере – биологического, в социуме – социокультурного) при условии притока (свободной) энергии.*

При высокой концентрации фосфорилированных нуклеотидов наряду с замыканием эфирных связей происходит образование аденин-тимидиновых и гуанин-цитозиноновых пар. Характерное время запоминания кода – миллиард лет. Время от

образования до гидролиза ДНК - меньше. Комплементарная авторепродукция данного полинуклеотида обеспечивает перезапись и размножение генетической информации. Формирование единого кода описывается уравнением Чернавского [9]:

$$du_i / dt = u_i / \tau_i - \sum_{i \neq j} b_{ij} u_i u_j - a_i u_i^2$$

Здесь u_i - концентрация гиперциклов, в которых набор адаптеров соответствует i -тому варианту кода, t - время, τ_i - период автокаталитического воспроизводства, следующий член описывает взаимодействие гиперциклов с различными вариантами кода, последний член описывает эффект «тесноты», конкуренцию одинаковых гиперциклов за первичный субстрат. При встрече различных гиперциклов их адаптеры перемешиваются, давая губительное для обоих вырождение (в применении к социокультурному наследственному коду это может описывать, например, «отравление» пролетариата при уничтожении им буржуазии по Марксу).

В организме химические реакции катализируются белками-ферментами. В каждом белке имеется активный центр, комплементарный к субстрату. Для катализа двух оптических изомеров нужны два белка, и для работы с рацемической смесью необходим удвоенный набор белков. Громоздкость таких организмов делает их неспособными к выживанию: «рацемические организмы» не выжили. Неустойчивость рацемического состояния привела к *киральной асимметрии* биосферы, спонтанно возникшей во время образования первичных гиперциклов [11].

На ранних стадиях эволюции атмосфера Земли не содержала кислорода, и основным процессом энергообеспечения (синтеза АТФ) был гликолиз органических веществ, накопленных в предбиологический период. С их истощением возникли и заселили мировой океан и затем сушу *фотосинтетики*, способные усваивать энергию света и разлагать воду. В «отравленной» кислородом новой атмосфере возникли дышащие организмы, способные синтезировать АТФ за счёт окисления сахаров. Приспособление к среде обеспечивали точечные и блочные мутации. Первые касались резервной нейтральной (не используемой и не дающей эволюционных преимуществ) информации при сохранении информации, необходимой для жизнеобеспечения в прежних условиях. Вторые отличались не заменой отдельных нуклеотидов другими, а разрывом *гена* на блоки и их соединением в иной последовательности.

В информационных мультистабильных системах с *перемешивающим слоем* генерируется новая информация. Перемешивающий слой есть область фазового пространства, куда попадают все траектории, выходящие из заданной области начальных условий. Внутри перемешивающего слоя поведение траекторий хаотично. От *странного аттрактора* он отличается тем, что все попавшие в этот слой траектории из него выходят и попадают в динамический мультистационарный слой с как минимум двумя устойчивыми стационарными состояниями. В таких системах существуют временной и пространственный *горизонты прогнозирования*.

В нервных сетях высших животных и человека протекает процесс *мышления*, близкий процессу *распознавания образов*. Он связан с рецепцией и генерацией информации и с принятием решений, зависящих от поставленной цели. Постановка цели экономит усилия и вкладывается в общефизический принцип динамики физической системы с минимизацией затрат (состояния с меньшей энергией более вероятны, чем с большей). Человек отличается от животных тем, что сталкивает предметы и стихии природы друг с другом (обезьяна может колоть орехи камнем, но человек ударами камня о камень делает каменный топор, а из приготовленных деталей собирает компьютер) – это дополнительное (сверх животного гомеостаза) *выключение* человека из природы сопровождается *включением*, появлением языка и *виртуального пространства культуры* (выросших из мифа искусства, религии, науки и философии), логика которых продиктована логикой реалий (вспомним мысль Николая Лобачевского о поверхностях и

линиях как своего рода *научных мифах*, коими являются все научные понятия как идеализации).

Уравнение Чернавского с добавлением произведения коэффициента *диффузии*, умноженного на лапласиан исследуемого кластера (концентрации носителя информации) позволяет описывать этногенез, социальные процессы, рынок и так далее. Для рынка получаются как минимум два *аттрактора* – высокопродуктивное состояние и низкопродуктивное (в котором сейчас находится Россия, хотя с десятков лет назад был возможен поворот в сторону экономического чуда). Для социума тоже получаем две системы – авторитарную и либеральную. В первой ресурсов для обоих кластеров недостаточно, и побеждает один при условии снижения *внутренней конфронтации* (коэффициент a) в сравнении с внешней (коэффициент b). При достаточности ресурсов государство – просто нанятый менеджер, *внешняя конфронтация* мала, но велика конфронтация между индивидами. Условием выживания становится их строгое следование единым формализованным правилам (например, подглядывание в книгу на экзамене чревато судебным разбирательством и крахом карьеры).

Созданный в середине 70-х годов Институт прикладной математики предсказал в середине 80-х годов возможность распада СССР в 1991 году. Этот факт и возникновение *математической истории* (клиометрии) говорит о значительной объективной составляющей хода истории, скорее выбирающей лидеров, чем наоборот. Социальные фазовые переходы возникают не только от внутренних причин, но и от прорывов в технологии. Вспомним бронзовый век, железный век, атомный век. Изобретение стремени сопровождало возникновение Монгольской империи, включившей в себя Московскую Русь. Сегодня главной целью России является вслед за развитыми странами успеть перейти на новую технологическую платформу, что требует не только создавать комиссии по инновациям, но и резко фактически увеличить финансирование научно-технической сферы по примеру США и Китая (иначе они поделят Россию на зоны своего влияния). Здесь важно овладение как фундаментальными знаниями, развивающими (а не подавляющими) прежде всего творческое мышление (сила знания подобна силе прожектора, высвечивающего всё, на что он избирательно направлен), так и овладение практической цепкостью в реализации новых технологий, что требует понимания социальных правил расходования ограниченных ресурсов на инновации и правил работы с интеллектуальной собственностью и с рынком.

Точкой роста современного знания являются нанотехнологии и эконофизика. Развитие знания есть развитие его разрешающей способности и понимание функционирования систем растущей сложности. Освоение микромира даёт новую картину целого: например, параметры прочности электронных оболочек атома диктуют предельную высоту гор на Земле, а познание природы элементарных частиц в рамках *космомикрофизики* (термин А.Д. Сахарова) определяет понимание эволюции Вселенной и место человека в космосе. Новые материалы и информационные технологии меняют лицо цивилизации. Элементы социума, в отличие от исходных элементов физического мира, обладают разного рода информацией и действуют неоднозначно. Но множество факторов слагается в малое число параметров порядка, определяющих изменение поведения системы, а критические их значения имеют меру нуль в пространстве всех значений.

Например, временной ряд колебания цен на тот или иной товар внешне выглядит, как реализация *случайного процесса*. Но привлечение теории *динамического хаоса* [12] позволяет установить, что этот ряд может порождаться нелинейной динамической системой малой размерности и может быть представлен в виде одномерной проекции траектории такой системы в расширенном фазовом пространстве, описываемой небольшим числом обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача экстраполяции одномерного ряда может быть сведена к задаче интерполяции некоторой многомерной функции, что является типичной задачей в теории *нейронных сетей*. Поэтому теорию

динамического хаоса можно считать идеологической основой мощного внедрения нейротехнологий в бизнес.

Анализ реального рынка показывает, что его агенты образуют иерархию *кластеров*, в каждом из которых они подражают друг другу. Предельные типы рынка описываются концепцией *эффективного рынка*, в котором действуют полностью информированные агенты, рационально, независимо и мгновенно реагирующие на внешние события, и концепцией Чарльза Доу, согласно которой поведение цен акций определяется *стадным инстинктом*, который подчиняется крайне примитивному механизму, описываемому простой упомянутой динамической системой. Все эти механизмы изучает *эконофизика*.

Эконофизика началась с симпозиума по эконофизике 1997 года в Будапеште. Эконофизика – это единая теория функционирования глобальной системы мирового капитала и поведения на рынке экономических субъектов. Она возникла как результат применения в экономике аппарата и методологии теоретической физики. Для новых мультидисциплинарных исследований в середине 80-х годов в Санта-Фе (Нью-Мексико) был создан институт для изучения сложных адаптивных систем, ставший центром эконофизики (вспомним рождение *кибернетики*, когда война выбила учёных из привычной колеи, и возникло перекрёстное опыление научных идей). Эти системы состоят из множества взаимодействующих объектов, способных накапливать опыт и изменяться с приспособлением к окружающей среде. В процессе самоорганизации в системе может спонтанно возникать новый порядок. Система приобретает качество, которое может отсутствовать у отдельных элементов. При недостатке информации субъекты начинают подражать друг другу, и в результате могут стихийно возникать *информационные миражи*, которые быстро распадаются.

Целый раздел эконофизики посвящён «игре в меньшинство»: если некоторой удачной в прошлом стратегией начинает пользоваться большинство, то такая стратегия проигрывает. Поэтому грамотные участники рынка должны систематически менять свои стратегии.

В другой модели агенты разделены на рациональных инвесторов (они покупают и продают акции, исходя из разницы между котировкой и «справедливой» ценой) и шумовых *трейдеров* (они следуют *тренду*, чтобы извлечь прибыль благодаря краткосрочным изменениям на рынке). Когда цены начинают расти, увеличивается число рациональных трейдеров, желающих продать акции и уйти с рынка. На их место приходит много шумовых трейдеров, что приводит к большим «пузырям» и обвалу. Можно рассчитать критический момент, после которого вероятность резкого обвала максимальна.

Шумы системы при взаимодействии с «хвостами» *экспоненциального* гауссова распределения вероятностей переводят экспоненциальную зависимость в *степенную*, в том числе, в *распределение Парето* (типа деления на богатых и бедных в социуме).

Интересна аналогия между энергетическим каскадом в гидродинамической турбулентности и информационным каскадом на финансовом рынке. В трёхмерном турбулентном потоке кинетическая энергия передаётся от крупных масштабов к мелким. При этом существует некоторый интервал масштабов, где наблюдаемые характеристики уже не зависят от характерного масштаба, на котором происходит подкачка энергии со стороны внешней силы: возникает так называемая *масштабная инвариантность* со степенной зависимостью наблюдаемых характеристик от координаты пространства, так что относительное значение наблюдаемой величины зависит только от отношения масштабов [12]. На рынке существует механизм распространения возмущений, напоминающий турбулентный каскад при передаче информации от агентов со сравнительно большим инвестиционным горизонтом к агентам с малым инвестиционным горизонтом, ориентирующимся на непрерывное колебание цен (роль пространственных масштабов играют временные масштабы, роль энергии – информация). Перемежаемость

между турбулентным и ламинарным движением имеет соответствие на рынке в виде перемежаемости кластеров высокой и низкой *волатильности* временного ряда.

Любой спонтанно возникающий в нашем мире порядок от формирования и эволюции искривлённого пространства-времени до формирования и эволюции социума подчиняется объективным вероятностным законам, допускающим описание на универсальном математическом языке в рамках универсальной науки физики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Математический энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия. 1988, с. 718.
2. Anderson P.V. *More is different* // Science. 1972.177. P. 393-396.
3. Гильберт Давид. Познание природы и логика (1930) // Избранные труды. Т.1. М.: Факториал. 1998, с. 457-465.
4. Полищук Р.Ф. *Фундаментальные физические взаимодействия и законы сохранения* // Александр Гордон. Научный альманах. 2003. Т.1, с. 67-79.
5. Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж. *Гравитация*. Т. 3. М.: Мир. 1977. с. 447.
6. Полищук Р.Ф. *Пфаффовы системы в общей теории относительности*. Докторская диссертация. ФИАН, 1997.
7. Вейль Г. *Пространство. Время. Материя*. М., Янус. 1996, с. 442.
8. Ставраки Г.Л. *Модель пространства-времени как виртуально-полевой структуры на локально-светоподобных причинных связях*. М.: Книжный дом «Либроком», 2009, 128 с.
9. Чернавский Д.С. *Проблема происхождения жизни и мышления с точки зрения современной физики* // Успехи физических наук, 2000, т. 170, № 2, с. 157-183.
10. Polishchuk R.F., in *Fundamentals of Life*. Elsevier, Paris. 2002, p. 141-151.
11. Chernavskaya N.M., Chernavsky D.S., Polishchuk R.F., in *Progress in Biological Chirality*. Elsevier, Oxford, UK, 2004, p. 257-259.
12. Дубовиков М.М., Старченко Н.В. *Эконофизика и анализ финансовых временных рядов* // Эконофизика. Современная физика в поисках экономической теории. М., МИФИ, 2007, с. 243-293.