КВАНТОВАЯ КОСМОЛОГИЯ: НУЖНА ЛИ?

А. Д. Попова

Государственный астрономический институт им П.К. Штернберга, МГУ, Университетский пр-т 13, Москва 119899

Излагаемое здесь не претендует на особенную новизну, тем более на откровения. Я не стремлюсь написать историческое эссе, что неоднократно делалось другими. Просто пытаюсь вкратце, но издалека, проследить происхождение квантовой космологии, попутно собирая воедино всю здоровую критику не только этого ответвления науки, но и вообще современной фундаментальной физики с точки зрения непосредственного участника, человека, который работает с формулами. Заранее прошу извинить за изложение некоторых прописных истин, которое не выкинешь из контекста. По части литературных ссылок ограничусь только крайне необходимыми.

Я собираюсь обосновать тезис, который в вольном изложении звучит так: квантовая космология это позднее и нежизнеспособное дитя двух престарелых теорий, квантовой теории (КТ) и теории относительности (ТО). Нежизнеспособное и совершенно бесперспективное, в смысле познавания Истины, истинных физических закономерностей этого мира. Замечу, что в существовании сей Истины никто из работающих физиков-теоретиков не сомневается и даже чаще не задается таким вопросом, иначе все наши исследовательские труды не имели бы как внутреннего смысла, так и непреходящего, вечного движителя.

Сначала о родительских теориях. Обе они появились порознь и независимо друг от друга на "водоразделе"XIX и XX столетий. Эти два события оказались знаковыми, скорее бифуркационными, для развития фундаментальной теоретической физики — науки, занимающейся именно строением Мироздания, которая фактически с них и началась. Теперь можно только гадать, насколько необходимым и неизбежным было близкое по времени появление столь разных и столь странных теорий, и что было бы если бы ...Да, слово "странно"наиболее адекватно в эмоциональном смысле.

Обе теории настолько круто изменили сложившуюся к тому времени физическую картину мира, что вызвали "взрыв в умах"немногочисленной ученой братии, докатившийся и до массового сознания. Действительно, они бросали личный вызов каждому, дерзнувшему к ним прикоснуться, а кто может пройти мимо вызова! — Та же золотая лихорадка. В физическую науку стали приходить новые поколения старателей, поколение за поколением. Прошу также прощения у читателя за эту и последующие апелляции к психологии научного творчества. Без анализа ситуации и с этой точки зрения невозможно понять происходящее сегодня с нашей наукой: то, что нельзя назвать иначе как кризис.

Достаточно скоро стало понятно, что внутренние логики построения каждой из двух теорий совершенно различны. Эти две логики не могут быть объединены без купюр или компромиссов, так что надежду на полное описание Мироздания на основе объединения данных теорий нужно отложить. На этом моменте остановлюсь очень подробно. Сначала удобнее поговорить о ТО, тем более, что именно эта теория носит теперь титул классической (в отличие от квантовой), хотя в дни ее детства под классичностью понимали совсем другое. Итак,

1 Теория относительности

Вернее, их традиционно две — специальная и общая. Первая является пределом второй для глобально плоского пространства и/или справедлива, как говорят, в касательном пространстве каждой точки пространственно-временного многообразия; попросту говоря, в бесконечно малой окрестности каждой точки. Я буду говорить об одной ТО: общей, как обобщающей. Конечно же формализация понятий пространства и времени, т. е., сопоставление им переменных пространственных координат и времени (грубо говоря, значков t и x), входящих в уравнения движения, уже существовала в классической (в истинном смысле) механике. Однако прообразом такой формализации, или наоборот, отталкиваясь от уравнений, их интерпретацией служили два независимых абсолюта: пространство, никак не связанное со временем, бесконечное, раз плоское, и, по-видимому, заполненное эфиром, и время, одинаково текущее в каждой точке пространства.

Как известно, революционное свершение ТО выразилось в трех основных деяниях. 1. Отказ от двух абсолютов и замена их новым: абсолютной, значит неизменной и постоянной, обязательно не зависящей ни от чего, в частности, от частоты, предельной скорости распространения взаимодействий — скорости света, c. Это повлекло за собой "равноправие"пространства и времени и возможности рассмотрения 4-мерного гиперболического пространства, в котором изначально постулирована абсолютная геометрическая конструкция — световой конус. Последний неизбежно делит 4-мерие на абсолютное прошлое, абсолютное будущее и абсолютно недостижимое. 2. Автоматически выкинулся из рассмотрения эфир. Ибо какая среда могла бы удовлетворять требуемым свойствам? Я пытаюсь излагать не историю вопроса, но суть преобразований, хотя история вопроса об эфире длинна, сложна, запутана, да и в наши дни имеются апологеты того или иного воззрения на природу эфира.

Сии деяния привели к более жесткой формализации понятий пространства и времени, к более абстрактной их арифметизации. Когда существовало представление об эфире, можно было, хотя бы принципиально, соотнести точку пространства с элементом эфирной среды. Теперь за эти понятиями стоит физическая пустота (?), и не остается ничего иного, как придать им статус исходных и неопределяемых, типа понятия множества в математике. Конечно, есть такое понятие как 4-мерное событие, например, вспышка света, столкновение частиц и т. п., — эквивалент точки. Но трудно представить себе континуум событий, хотя нужна именно континуальность. На самом деле континуальность de facto входит в теорию, в виде предполагаемого дифференцируемого 4-многообразия. Эти рассуждения призваны просто указать на замену физического наполнения понятий математическим, что подготовило почву для совершения третьего дерзкого деяния, как следствия и логического завершения первых двух. 3. Отождествление движения тел по геодезическим линиям 4-пространства с действием сил всемирного тяготения, т. е. отказ от понятия силы. Только вот с проблемой арифметизации стало еще сложнее. Как отделить существующий произвол в выборе криволинейных координат от инвариантных свойств 4-пространства? — Проблема над которой раздумывал еще В. А. Фок. Но так или иначе, проблемы физической теории были сведены к проблемам дифференциальной геометрии и топологии.

Несомненно, ТО стимулировала развитие и применение геометрических и групповых методов в физике — положительный момент. Одно время даже казалось, что всю физику можно свести к геометрии. Не всю, но отчасти это так, если иметь в виду геометрию в групповых пространствах. В этом смысле ТО косвенно стимулировала развитие (классических) калибровочных теорий поля. Она также вызвала появление обобщенных (альтернативных) теорий тяготения. Действительно, дорвавшись до математики, теоретик может действовать по принципу — что не запрещено, то разрешено. ТО развивалась и сама, наряду с этими теориями, о чем скажу чуть позже.

Помимо всего прочего, ТО выстроила принципиальную схему пути от идеи к количественным результатам. Хочу определить слово "идея"в данном контексте. Идеей следовало бы назвать некоторое новое осмысление физической реальности, которое порождает теорию, т. е., в первую очередь, общий математический формализм и его последующую интерпретацию. Уравнения совершенной теории должны быть предельно общи и содержать все, очерчиваемые ей, мыслимые физические ситуации. Далее нужен ansatz — слово чаще употребляемое непереведенным и означающее подстановку (выбранные модельные предположения) в уравнениях теории, делающую их усеченными, упрощенными. Пример ansatz'а в ТО — сферическая или любая другая симметрии, предположение об однородности и изотропности для космологии и т. п. Затем, наконец, следует решение усеченных уравнений, полностью описывающее ситуацию. Схема "идея — теория — ansatz — решение"прекрасно работает в каждой классической теории поля. Говорю здесь об этом потому, что в КТ это будет не так.

Научное значение ТО огромно, это был огромный прогресс физической мысли, который не собираюсь ставить под сомнение. Я лично преклоняюсь перед Эйнштейном и уж никак не склонна его за что-то винить. За что, за прорыв мысли? Он не несет ответственности за менее подвижную мысль последователей. Эйнштейну повезло; ему не пришлось проходить то, через что проходят все изучающие ТО: продираться через дебри математического аппарата. Каждый неофит тратит несколько лет, если не всю жизнь, на проникновение в эту теорию за счет отказа от бытовых, наивно-эмпирических представлений, на полноценное погружение такое, чтобы свободно ориентироваться в ее понятиях. Каждый ли сможет и захочет вернуться потом к истокам?

Итак, заканчивая рассуждения "изнутри". Теперь ТО — солидная, пожилая и даже престарелая теория. Действительно, множество задач было решено и перерешено вновь, множество эффектов понято, различные приближения получены, наблюдательные тесты просчитаны, дочерних теорий тьма тьмущая, остались только нерешенными (вернее нерешаемыми), как старческие болезни, проблемы типа проблемы энергии. Так вот, теперь-то и стали очевидны препоны на пути развития физической мысли в виде убежденности массового научного сознания (а оно теперь именно таково) в неопределяемости исходных понятий пространства и времени и невозможности придать им иную физическую суть.

До сих пор критика была изнутри самой теории, но стоит посмотреть как же обстоит дело с экспериментальным обоснованием ТО. Удивительно, но эта терия прекрасно удовлетворяет своим наблюдательным тестам. Классические тесты: смещение перигелия Меркурия, гравитационные отклонение света и смещение частоты, сходятся с наблюдениями — хорошая, крепкая иллюзия, также сходятся тесты на принцип эквивалентности, см, например, [1]. Это, так сказать, экспериментальное подтверждение изнутри. К сожалению, существуют по крайней мере два экспериментальных факта "извне— нехороших, подкапывающихся даже под специальную ТО. Первый — это дисперсия, т. е. зависимость скорости от частоты, света в вакууме [2]. Скорость радиоволн промерена с уверенным четвертым знаком, если не лучше, а отличие ее от скорости рентгеновского и гамма-излучения состоит в третьем! Это *много.* А как же быть со световым конусом, основополагающая абсолютность которого подчеркивалась? Построить его по какой-то одной частоте, или по предельному (если есть) значению? Рушится вся 4-гиперболика. Второй факт не лучше первого — данные экспериментов по космическим лучам можно интерпретировать как несправедливость преобразований Лоренца для частиц сверхвысоких энергий [3].

2 Квантовая теория

Обратимся теперь к КТ. Собственно, теорий тоже две: квантовая механика (КМ) изначально, и квантовая теория поля (КТП) как ее развитие, называемая также релятивистской и/или вторично-квантованной. Однако внутренняя логика построения КТ, как общей теории, не так самосогласована, как у ТО. Во-первых, КТП логически непоследовательна сама по себе, во-вторых, нет логически безупречной преемственности от КМ к КТП. На этом также остановлюсь подробнее.

На первом этапе построения, в КМ, по сравнению с классической механикой меняются пространственные отношения и отношения движения (но пока не времени). Время — классическое доэйнштейновское. Вместо классических пространственных координат и импульсов на гиперплоскости $t = Const$ вводятся операторы координат и импульсов. Частица — все еще материальная точка — описывается волновой функцией, аргументами которой служат также значки t и x. Однако арифметизация пространства становится совсем абстрактной. Координата x не связана с положением частицы, существуют лишь вероятность нахождения частицы в точке с координатой x и среднее значение координаты x. Таким образом даже в принципе не существует объектов, позволивших бы арифметизовать пространство. Что касается волновой функции, то не хотелось бы сильно вдаваться в неисчерпаемую тему ее интерпретации. Скажу только, что на использовании математического формализма не отражается тонкое различие между ее вероятностной и статистической интерпретацией. Различие состоит в том, чему собственно приписывается волновая функция, отдельной частице в первом случае, или ансамблю частиц, как он понимается в статистической физике, во-втором. Первый случай был бы, конечно, предпочтительнее для включения взаимодействия в КМ.

Благодаря квантовой механике, мы все же узнали многое о строении материи — дискретность массы, заряда, атомных состояний. Появились новые, чисто квантовые характеристики типа спина, четности. Но как теория, КМ частиц быстро себя исчерпала из-за невозможности введения взаимодействия. Дело в том, что КМ изначально линейная теория, линейность нужна для выполнения принципа суперпозиции состояний, принцип суперпозиции — для вероятностного описания. Многочастичная задача КМ не решена и оставлена нерешенной. Частицы, несомненно, взаимодействуют, хотя бы электромагнитно, но даже задача о взаимодействии электрона с ядром атома не может быть решена строго. В первом приближении ядро — классический объект с кулоновским полем, остальное — на уровне поправок. Здесь содержится и логически трудный момент теории: взаимодействие квантового и классического объектов.

Тем не менее КМ тверже стоит на ногах, чем ТО в смысле экспериментального обоснования. Это и не удивительно, т.к. КМ очень приближена к эксперименту по логике построения с ее введением понятий наблюдаемых (величин) и средних (по состояниям) значений.

Итак, понятно, что даже на уровне специальной ТО и КМ частиц две теории нельзя совместить из-за разной логики построения пространственно-временных отношений. В ТО локальность разбиения 4-континуума на пространство и время и абсолютность скорости света; КМ не знает постоянной c, пространство глобально, хотя и абстрактно, время абсолютно. Отсюда происходит, например, известный парадокс Эйнштейна–Подольского–Розена. Даже если уравнения КМ сделать ковариантными, имеется в виду уравнение Дирака, то все равно для задания начальной волновой функции требуется такая нелокальная и лоренц-неинвариантная (хотя -ковариантная) конструкция как фиксированная пространственно-подобная гиперповерхность.

Мне могут возразить, что КТП содержит постоянную c, но я хочу показать эта теория вносит еще больше проблем, чем "решает". Вообще, из существующих физических теорий, КТП — самая запутанная и непоследовательная. Предложения и предположения по улучшению теории вносятся по мере ее построения (вроде как постулаты дорабатывались бы по ходу доказательства теоремы; например, пропагаторы как двухточечные функции доопределяются в совпадающих точках из посторонних соображений). Принципиально, КТП строится последовательными приближениями. Напомним общий рецепт. Берутся (откуда? — скажу позже) классические поля с квадратичными лагранжианами, и решаются линейные свободные классические уравнения поля (т. е., без взаимодействия). Решения разлагаются по выбранной системе ортонормированных функций, например, по Фурье. Затем, внимание: при каждой Фурье-компоненте поля вместо числового множителя записывается (в зависимости от знака частоты) оператор уничтожения частицы или рождения античастицы. Такое решение называется (вторично-)квантованным полем. Отметим некоторые интересные моменты.

Здесь, во-первых, предыдущая логическая схема "идея — решение", от общего к частному, не работает, сначала "решение— затем "теория". Во-вторых, меняется интерпретация частицы по сравнению с КМ, т. е. внутри самой КТ.

Вдадимся в подробности. В КМ частица описывалась волновой функцией, которая не задавалась a priori, а получалась как решение уравнений (Шредингера, например), в этом смысле сама по себе КМ — совершенная теория. В основу КТП, напротив, положено обобщенное *решение* КМ для гармонического осциллятора в пространстве Фурье-амплитуд: Сама по себе частица, как таковая, не существует в отдельности, есть только n-частичные состояния, которые соответствуют n-ному уровню возбуждению осциллятора. С точки зрения этой обобщенной КМ ничего не рождается и не уничтожается: Имеются в наличии лишь операторы, повышающие и понижающие номер уровня возбуждения осциллятора с бесконечным числом степеней свободы. В КТП эти же самые операторы трактуются как операторы рождения и уничтожения. Тем не менее, в новой трактовке остается нетривиальное вакуумное состояние — состояние без частиц. (Сколько же интерпретационного мусора теперь навалено на это понятие "физического вакуума"! — Отдельная тема.) Таким образом, если одночастичный предел КТП и можно соотнести с КМ, то частица оказывается в одном фиксированном (теперь уже) пространственно-временном состоянии, соответствующем выбранному разложению, например, в состоянии плоской волны, а значит, равномерно "размазанной"по пространству. И вообще, вероятностная интерпетация КТП проблематичнее.

В-третьих, пространственно-временные отношения в КТП нисколько не лучше КМ. Остается нужда даже в двух, пусть асимптотических, фиксированных гиперповерхностях — начальной и конечной — чтобы определить начальное и конечное состояния частиц и античастиц. (В промежуточной области взаимодействия даже определить частицы невозможно.)

Возвращаясь к построению теории, замечу, что незамысловатый рецепт, приведенный выше, приводит к расходимости наблюдаемых характеристик поля типа энергии даже в вакуумном состоянии. Действительно, каждая из бесконечного числа степеней свободы поля в вакуумном состоянии несет наименьшую энергию $\hbar\omega/2$, что при суммировании по всем степеням, неважно, континуальным или счетномерным, дает расходимость энергии поля. Простенькие расходимости такого типа дают начало и другим, более сложным, расходимостям при вычислении по теории возмущений. Интересно, что последние могут быть сведены к "вакуумным"указанного типа в методе мгновенной диагонализации гамильтониана (что эквивалентно "мгновенному"переопределению частиц) Гриба–

Мамаева–Мостепаненко. Далее, когда теория почти построена приводятся многочисленные рецепты регуляризации, т. е., допредельного выделения расходимостей, и процедуры перенормировки, если возможно, для получения конечного, проверяемого в эксперименте, физического результата. Поначалу проблема расходимостей не очень смущала, т.к. единственная в наличии КТП — квантовая электродинамика — позволяла проделать такую процедуру, а именно загнать расходимости в свободные параметры теории типа заряда и массы. С этим связан удивительный, воспринимавшийся как окрыляющий, и не до конца понятый успех квантовой электродинамики: совпадение перенормированных теоретических величин с экспериментальными. Однако появились и неперенормируемые теории.

Общая печальная ситуация с КТП конечно не устраивала многих исследователей, предпринимались попытки построить и аксиоматическую вторично-квантованную теорию, и изначально нелокальную без расходимостей, однако ни к чему существенному не приведшие.

Итак, итог КТ. 1. Фактически те же пространственно-временные отношения, как в доэйнштейновской физике, более жесткая формализация понятий пространства и времени, чем в последней, хотя и другая, чем в ТО. 2. Более жесткая формализация понятия частицы и ее характеристик, чем в классической физике. 3. Расходимости. Можно было бы считать их курьезом теории, однако это слишком серьезное препятствие на пути объединения КТ и ТО: бесконечная энергия бесконечно тяготеет и бесконечно искривляет. 4. Тяжелое наследие в виде классических полей частиц. Концепция классических полей взаимодействий — электромагнитного и гравитационного — наглядна и прекрасно обоснована, в *каждой точке* пространства существует измеряемая напряженость поля. Можно ли честно приписать классическое поле частице, которая даже в КМ трактуется точечной? Такое поле не является ни пределом, ни средним значением вторично-квантованного поля по какому-либо состоянию. Кроме того, поля полуцелого спина не могут быть классическими в силу принципа Паули. — Некий логический гистерезис: теория начинается с понятия к которому нельзя потом вернуться! — По-происхождению, это понятие — артефакт существования волновой функции. Тем не менее, классические скалярные, спинорные и пр. поля частиц стали массовым (нормальным?) явлением в ТО, калибровочных теориях поля и космологии. Вывод выстрадан: КТ принципиально неизлечима и морально устарела.

3 Дальнейшее развертывание теорий ... в никуда

Две обрисованных вкратце теории после своего создания развивались параллельно, не пересекаясь. Сначала развитие шло по пути создания формализмов — эквивалентного описания без изменения физического содержания. Хотя, тот или иной формализм позволял прояснить тот или иной физический аспект теории. Не стоит приводить здесь многочисленные и известные примеры формализмов. Кроме того, развитие шло по пути решения задач, например, прокручивание через уравнения ТО различных метрик (ansatz'ев).

Вообще, создание КТ и ТО резко заморозило рынок идей, впоследствии не было воплощено в теорию ни одной идеи их уровня. По-видимому, настолько магическим было очарование двух теорий, что они казались совершенно достаточными для объяснения Всего Сущего. Никто не испытывал потребности в новых идеях. Были, есть и сейчас, попытки возврата старых представлений, но большинство понимает, что они безуспешны. В основном была мечта о создании объединяющей теории — квантовой гравитации; казалось еще немного, и ее обязательно создадут. Была даже надежда, что квантование гравитации вместе с другими полями решит проблему расходимостей, т.к. введет естественный планковский масштаб обрезания. Но мечта о квантовой гравитации такой, как она представлялась исследователям старшего поколения, так и не была реализована. Не получился даже компромисный вариант перенормируемой теории. Действительно, можно проквантовать гравитационное поле с теми же ухищрениями, как и любое другое калибровочное, только вот теория получается фатально неперенормируемой. И принципиально ничего не получится на базе имеющегося набора идей. Повторю: логики построения двух теорий ортогональны и не пересекаются, в том числе основополагающие построения пространственно-временных отношений, а более жесткие и различающиеся формализации понятий пространства и времени не дают возможности их слегка пошатать, видоизменить. Но, как известно, если нельзя но очень хочется, то значит можно.

Сначала в ТО была мода на точные решения и первоначально большое число нетронутых возможностей в этом смысле. После истощения последних настал черед исследования возмущений на заданном геометрическом фоне (как точном решении). Вот здесь-то и начали потихоньку сливаться две теории. Появилась квантовая теория поля на искривленном фоне, нисколько не избавленная от недостатков-атрибутов КТ. Такая теория либо не включала гравитационное поле как одно из квантованных полей, либо наравне с другими полями квантовались его возмущения. Это вылилось в т. н. полуклассический подход. Факт остается: квантовая гравитация как серьезная теория не существует. Данный термин обозначает либо полуклассический подход, либо квантование простой модели по образу и подобию КМ: с использованием уравнения Уилера–Девитта в кусочке бесконечномерного конфигурационного пространства, в т. н. минисуперпространстве, либо еще какие-нибудь частные ухищрения. Теории — нет.

Вот тут мы с читателем добрались и до квантовой космологии. Она должна была бы быть моделью квантовой гравитации, если бы последняя существовала. Несостоявшаяся квантовая космология несет в себе, как наследственные болезни, 1) проблемы каждого из двух родителей порознь, 2) проблему невозможности их объединения, и, кроме того, 3) проблемы модельности, связанные проблемами классической космологии, на которых тоже необходимо остановиться.

Двух наблюдательных фактов, на которых основывается т. н. стандартная космология, а именно, однородная и изотропная модель Фридмана–Робертсона–Уокера плюс теория горячей Вселенной Гамова–Зельдовича, явно мало. Да, наблюдаемые космологическое красное смещение и реликтовый микроволновой фон (его название уже содержит интерпретацию, хорошо ли?) можно приблизительно истолковать в пользу стандартной космологии. Если не приблизительно, то существуют свидетельства недоплеровской природы красного смещения, например, в системе галактика–квазар и масса других. Если оно вообще всегда красное. Отождествление спектральных линий рассматривается как правило именно под этим углом зрения, однако достаточно убедительно описано и другое отождествление, приводящее к голубому смещению спектров слабых, а значит скорее всего далеких галактик [4]. Также существуют иные взгляды на природу микроволнового фона, например, в работах В. С. Троицкого, правда не признаваемые научным большинством. ... Слабым местом стандартной космологии является начальная сингулярность. Вот здесь-то и надо подштопать ее квантовой космологией. От последней ожидают также решения мифических проблем типа проблем плоскостности и горизонта. Проблемы эти — следствия парадигм, не более. Да и существует ли вообще сравнительно недавнее начало Вселенной? Нет доказательств.

Давайте лучше задумаемся, сколько явных или неявных предположений делается когда update теории применяются к такому объекту как Вселенная! Физические понятия, физические законы, физические объекты известные *здесь* и *сейчас* экстраполируются на *везде* и *всегда*. Но невообразимо протяженная и невообразимо продолжительная Вселенная не может не быть невообразимо разнообразной! Мы находимся в положении морского желудя, прилепившегося к скале и строящего свою желудиную вселенную в виде бесконечного и вечного дуализма вода–скала. Почему нужно считать, что элементарные частицы, их взаимодействия и фундаментальные константы всюду и всегда одинаковы? Кстати, уверенность в почти неизменности постоянной тонкой структуры, высказываемая в работах Д. А. Варшаловича и др., основана на уверенности отождествления спектральных линий с красным смещением. Замечу также, что оно делается одномоментно и в одной точке Вселенной.

Вернемся к квантовой космологии. Из предыдущего ясно, что такой науки как единой и последовательной нет, и ясно, что подразумевается под сим термином. Речь идет о конгломерате теорий или моделей под общей вывеской. Внутри него они никак не связаны и не нуждаются друг в друге. Их всех объединяют методы, скорее рецепты о которых говорилось. Проблемы отсутствия замкнутой логики и расходимостей просто забыты. Основа конгломерата — множество моделей инфляции, история развития которых, улучшений и добавлений и вновь улучшений, кому-то представляется драматичной. А суть проста. Ранняя стадия эволюции (?) Вселенной сопоставляется неустойчивому вакуумному состоянию вторично-квантованого инфлатонного поля. До квантования загадочный и мифический инфлатон — не более как классическое скалярное (чтоб удобнее было считать) поле. Вакуум "распадается"и дает рождение всей материи, а экспоненциальный закон расширения получается полуклассически. Всего-то! Нужно только подогнать ответ, поэтому каждая модель апробируется подгонкой эволюции начальных возмущений плотности под наблюдаемые крупномасштабную структуру и спектр мощности микроволнового фона. Проблемка остается однако — начальное состояние, более очевидная в квантовании по Уилеру–Девитту. Кто готовит начальное (и конечное) состояние? Какой наблюдатель?

Разбирать собственные проблемы квантовой космологии значило бы относиться к ней серьезно. Почему-то убеждена, что в конце XXI века эта "наука"заинтересует разве-что историков. Они, вероятно, будут поражаться такому образчику логически-пунктирного тупикового мышления!

Остановлюсь еще на последующем стиле и этапе развития (саморазвития) общего теоретического поля ТО и КТ, куда входит и квантовая космология. Оно 1) усложнилось математически, но упростилось концептуально, 2) стандартизовалось, 3) приобрело массовый исследовательский размах. Образнее говоря, из-за отсутствия твердого теоретического ядра нашу науку понесло вразнос. Число теорий катастрофически выросло от двух основных до тьмы, и само понятие теории девальвировалось. Ситуация теперь такова: Сколько исследователей или групп исследователей (юридических исследовательских лиц), столько и теорий. Рецепт постоения новой теории упростился до безобразия: бери *лагранжиан* (стандартный в основной части), добавь новый член, получи по накатанному способу уравнения поля и законы сохранения (если надо), подставляй ansatz и решай — на классическом уровне. На квантовом — преобразуй *лагранжиан* в *гамильтониан* и квантуй, или строй полуклассику методом Швингера–Девитта, или еще что-нибудь по другим известным рецептам. Несомненно, замечательный лагранжев метод составляет основу классической механики, однако там он явился обобщением информации, содержавшейся в уравнениях движения, а уж они-то подтверждались опытными фактами.

Как же обстоит дело с фактами теперь? Специфика фундаментальной теоретической физики в том, что она имеет дело с опосредованным, обработанным результатом труда экспериментатора или наблюдателя (в астрономии). Такой продукт, обработанный иногда весьма тенденциозно, и является исходным фактом теоретика. Тенденциозно, потому что чаще в обработку закладываются парадигмальные предположения. Тем не менее существует бо́льшая или меньшая непримеримость взглядов того и другого, некоторый разрыв, даже отрыв теории от эксперимента. Но масштабы этого отрыва в обсуждаемой области растут катастрофически. Фактов, наверное слишком мало — они нарасхват. Каждый новый наблюдательный факт вызывает не только новые ansatz'ы в старые теории, но и новые теории (по описанному рецепту, конечно). Недавний пример — факт вроде бы ускорения расширения Вселенной из наблюдений далеких сверхновых вызвал появление т. н. "квинтэссенции", среды, которая дополнительно Вселенную расталкивает. (Вот алхимики посмеялись бы над невежественным употреблением термина!) Большинство старателей сначала косилось подозрительно, теперь процесс пошел, — вовсю подставляют соответствующее уравнение состояния в личные теории и получают "хорошие"законы расширения. Но нет критерия выбора!

Факты бывают не только наблюдательные или экспериментальные. Иногда открывается математический факт, который быстро становится популярной игрушкой. Пример, опять же из новых, соответствия антидеситтеровского пространства конформной теории поля. И играют! — Масса публикаций. С этим связана и опасность для теоретической физики: прорыв на ее территорию математической физики. С одной стороны, привнесение большого количества математических методов, топологических, функциональных, — не так уж плохо. С другой же стороны, методы вносят люди, прекрасно обученные как математики и не обученные соотнесению теоретических изысков с реальностью. Если последнему можно обучить. Не обученные, скорее, почтению к Мирозданию. Они-то строят свои модели из соображений решаемости. Система работает на себя в замкнутом цикле.

Еще появилась тенденция к чисто "механической"конвергенции моделей. Были черные дыры и космические струны — теперь рассматривают один объект в поле другого. Или: были старые добрые гравитоны (которых никто никогда не детектировал), затем появилась квинтэссенция, — теоретический рынок почти мгновенно отреагировал появлением квинтэссенциальных гравитонов. На авторов не хочу ссылаться принципиально. Теоретики, голодные на идеи и факты, лихорадочно строят модели. Зачем? — Вопрос других исследований.

О многом можно было бы еще сказать. — Об "аккробатических пирамидах"умозрительных построений. К таковым отношу струнные и суперструнные теории, теории суперсимметрии и супергравитации, М-теорию и пр. — О темной материи, не наблюдаемом и чисто умозрительном объекте: не поглощает и не рассеивает. Наблюдается всего лишь несоответствие динамики галактик и их систем наличию светящегося вещества. Так может, это другие свойства пространства, другая (нецелая и меньшая трех) размерность? Гипотеза темной материи просто приводит динамику к правильной в 3-мерном простанстве. Но, пожалуй хватит.

На самом деле стоило бы посвятить статью более глубоким вопросам. Является ли Мир квантовым по сути? И да, и нет. И да, потому что "квантовость"видна во всех масштабах: состояний электронов в атоме, планет в Солнечной системе (закон Тициуса–Боде), спиральных рукавов галактик, даже красных смещений (если не миф). Квантовость своя на каждом уровне, квант одного уровня перестает им быть на следующем в сторону уменьшения, обнаруживая структурность. Само существование материи как не пространства-времени, и наоборот, разве не есть квантовость? ...И нет, потому что такую внутреннеприсущую квантовость надо отличать от частного случая квантовости экспериментов на уровне человека, считающего себя единственным наблюдателем и приписывающего всему Миру свою личную невозможность проникнуть на следующий по малости масштаб. Именно так, по недоумию, и понимается "квантовость"космологии. А если бы сверхскопление галактик измеряло эффект рассеяния галактики другой галактикой, с какой постоянной получилось бы соотношение неопределенностей? Стоит признаться, мы же не понимаем до конца происхождение и природу постоянной Планка.

Убеждена, что существует нечто, недоступное пока физическим приборам, сконструированными человечеством со средне развитыми возможностями восприятия: Более тонкое деление материи, пространства и времени, при достижении которого ограничения современного квантового описания отпадут. — Манящая, но посторонняя тема.

Возвращаясь в последний раз к квантовой космологии, для меня ответ на вопрос в заглавии очевиден. Вместо нее нам всем нужно более глубокое проникновение в структуру Мироздания. Для понимания законов существования Вселенной, сначала следует проникнуть хотя бы в структуру элементарных частиц, которые не являются ни материальными точками КМ, ни плоскими волнами КТП. В структуру протона, например, которая давно просматривается в экспериментах [5]. Тогда может быть удастся ответить на простые вопросы: а что-такое масса, заряд, спин, постоянная Планка, другие характеристики типа лептонного и барионного числа, изоспина и пр., и пр.? Почему заряд всегда кратен заряду электрона с положительным или отрицательным знаком? Здесь коснусь теории кварков, квантовой хромодинамики. Если мы не знаем, что такое заряд, то почему считаем, что может существовать часть заряда электрона и что эти части *аддитивны*? Свободного кварка никто не наблюдал, но зато придумали почему это невозможно. Что такое принцип Паули, благодаря которому возможно само существование электронных оболочек? В теории это отражается введением антикоммутации операторов, но неужели за этим не стоит более осмысленной физики? Что такое взаидодействие частиц? Описание на уровне лагранжиана меня, например, уже не устраивает. А время? Забыли, что это не только одна из 4-координат, но нечто совсем отличное от пространства "в ощущении". Почему бы не попытаться разработать концепцию физически дискретного пространства — идея когда-то представлявшаяся мне лично привлекательной. Возможно такой подход в [6] когда-нибудь обретет целостность теории. И так далее, ...

Литература

[1] C. M. Will in: General relativity (Aberdeen, 1995), 239–281, Scott. Univ. Summer Scool Phys., Edinburg, 1996.

[2] В. Г. Вафиади, Ю. В. Попов, *Скорость света и ее значение в науке и технике*, Минск, изд. БГУ, 1970.

[3] G. Yu. Bogslowsky and H. F. Goenner, *GRG* **31** (1999), 1565–1603. Г. Б. Христиансен, *Космические лучи сверхвысоких энергий*, Москва, Изд. Моск. Ун-та, 1974.

[4] D. Basu, *Astrophys. and Space Sci.* **259** (1998), 415–420.

[5] Р. Хофштадтер, в сб.: *Над чем думают физики*, Вып. 1, Москва, Гос. изд. физ.-мат. лит., 1962, стр. 72.

[6] А. Ф. Бабанин, *Введение в общую теорию мироздания*, Москва, изд. "Компания Спутник+", 2000.