



МЕТАФИЗИКА

2011, № 2 (2)

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

МЕТАФИЗИКА

В этом номере:

- **Метафизика в системе представлений о мироздании**
- **Метафизические проблемы в физике микромира**
- **Метафизические проблемы теории гравитации и космологии**
- **Из наследия прошлого**

2011, № 2 (2)

МЕТАФИЗИКА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

2011, № 2

Учредитель:
Российский университет дружбы народов

Основан в 2011 г.
Выходит 4 раза в год

Главный редактор –

Ю.С. Владимиров – доктор физико-математических наук,
профессор, академик РАН

Редакционная коллегия:

С.А. Векшенов – доктор физико-математических наук, профессор
П.П. Гайденов – доктор философских наук, член-корреспондент РАН
А.П. Ефремов – доктор физико-математических наук, профессор,
академик РАН
В.И. Юртаев – кандидат исторических наук, доцент
(ответственный секретарь)

ISSN 2224-7580

Адрес редакции:

Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198
Сайт: <http://lib.rudn.ru/elektronnye-kollekcii>
E-mail: metaphysica.rudn@gmail.com

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ РЕДАКЦИИ	3
МЕТАФИЗИКА В СИСТЕМЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О МИРОЗДАНИИ	
Захаров В.Д. Метафизика и физика геометрических пространств	5
Сипаров С.В. Тезисы о метафизических началах натуральной философии ...	30
Мицкевич Н.В. Познание, вера, наука	45
Векшенов С.А. Метафизика инвариантности	50
МЕТАФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ФИЗИКЕ МИКРОМИРА	
Севальников А.Ю. Понять метафизику	59
Белинский А.В. Квантовые парадоксы и концепция дальнего действия	72
Элиович А.А. О методологии струнной программы	83
МЕТАФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ ГРАВИТАЦИИ И КОСМОЛОГИИ	
Владимиров Ю.С. Мифы и реальности общей теории относительности	110
Панов А.Д. О методологических проблемах космологии и квантовой гравитации	123
Бурланков Д.Е. Общая теория относительности не описывает физическую реальность	147
Булыженков И.Э. Непустое материальное пространство в философии и в физике	159
ИЗ НАСЛЕДИЯ ПРОШЛОГО	167
Бергман П.Г. Единая теория поля: вчера, сегодня, завтра	173
Зельманов А.Л. Некоторые вопросы космологии и теории гравитации	178
НАШИ АВТОРЫ	

ОТ РЕДАКЦИИ

Журнал «Метафизика», как уже отмечалось в редакционной статье первого номера, посвящен рассмотрению актуальных философских (метафизических) проблем науки и культуры. В настоящем выпуске журнала обсуждается ряд метафизических вопросов фундаментальной теоретической физики, вплотную подошедшей сегодня к пересмотру своих представлений о физической картине мира. При этом грядущие изменения ожидаются как в сфере закономерностей физики микромира, так и особенно в общепринятых взглядах на строение и закономерности эволюции Вселенной в целом. С этой точки зрения, переживаемая физической наукой ситуация сравнима с теми революционными переменами, которые были вызваны созданием теории относительности и квантовой теории.

Журнал открывает раздел «Метафизика в системе представлений о мироздании», в котором собраны статьи о становлении и развитии идей фундаментальной теоретической физики, приступившей сегодня к разработке вопросов метафизического характера.

В статьях следующего раздела «Метафизические проблемы в физике микромира» обсуждаются несколько принципиальных проблем современной физики микромира. Основное внимание здесь уделено интерпретации квантовой механики и методологическим основаниям струнной программы и теории супергравитации, на которые сейчас возлагаются большие надежды.

В третьем разделе рассматриваются методологические вопросы современной теории гравитации и космологии и, в частности, проблема распространения принципов общей теории относительности на Вселенную в целом. Как известно, всякая физическая теория имеет ограниченную сферу применимости, что справедливо и по отношению к эйнштейновской теории гравитации, достаточно подтвержденной в рамках Солнечной системы и в некоторых космических масштабах. Однако физики были увлечены перспективой описания на основе общей теории относительности глобальных свойств мироздания, ранее рассматривавшихся в рамках религиозных и философских систем. В ходе обсуждения гипотез о темной энергии и темной материи, развернувшихся в рамках космологических решений уравнений Эйнштейна, возникла настоятельная необходимость более детального анализа оснований и сферы применимости ОТО.

Другой актуальной проблемой современной фундаментальной теоретической физики является вопрос о способах объединения принципов общей теории относительности и квантовой теории. Эта проблема, иначе именуемая проблемой квантования гравитации, волновала физиков-теоретиков на протяжении всего минувшего столетия. Ряд ее аспектов, особенно связанных с исследованиями квантовых космологических моделей, также затронут в статьях этого раздела.

Второй номер журнала завершает рубрика «Из наследия прошлого», в которую вошли работы известных физиков-гравитационистов XX в.: П.Г. Бергмана, работавшего вместе с А. Эйнштейном, и ведущего отечественного космолога 1950–1970-х гг. А.Л. Зельманова. В этих статьях рассмотрены достоинства и некоторые недостатки общей теории относительности и сделаны прогнозы о путях ее дальнейшего развития.

МЕТАФИЗИКА В СИСТЕМЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О МИРОЗДАНИИ

МЕТАФИЗИКА И ФИЗИКА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВ

В.Д. Захаров

Всероссийский институт научной и технической информации

Метафизика замечательна в том отношении, что отнимает у мироздания все, что оно имеет, и придает ему то, чего оно не имело.

Анатоль Франс. Сад Эпикура

Что такое метафизика?

Между физикой и метафизикой. Прежде чем говорить о связи метафизики с современной физикой, хотелось бы выяснить, что такое собственно есть метафизика.

Этимология слова «метафизика» – чисто апофатическая, то есть не содержит в себе чего-либо положительного и поэтому ничего не проясняет в содержании предмета. Сама приставка «мета-» (вне, по ту сторону) в этом слове заставляет вспомнить сборник философских новелл и диалогов Анатоля Франса «Сад Эпикура». Тема одного из диалогов – язык, на котором изъясняется метафизика. Один из героев диалога Полифил подмечает, что язык метафизиков какой-то странный – сплошь состоит из отрицательных терминов с приставками «аб-», «не-», «без-»: абсолютное, непознаваемое, бесконечное... Такие названия обезличивают все, что они могли бы выразить. Метафизики, отмечает Полифил, подобны тем точильщикам, которые почему-то захотели обтачивать медали и монеты, сводя с них надпись, дату, изображение. В результате язык метафизиков настолько абстрагировался от образов, выражаемых обычным человеческим языком, что вообще перестал выражать что-либо.

Его оппонент Арист возражает, говоря, что в том и заключается достоинство языка метафизиков, что обычные слова умирают вместе с выражае-

мыми ими предметами, а метафизические термины, выражающие вечное, достигнув полной абстракции, сами становятся вечными. Полифил отвечает на это: если эти абстракции пребывают в сфере, доступной только уму, если относительно них известно только то, что ум обладает их идеей, то они «не имеют никакой гарантии реальности, кроме слов». Да и слова, призванные выражать эти идеи, не есть живые, конкретные слова: «...конкретное слово не может стать знаком абстрактной идеи» [1, с. 344], ибо слово всегда жизненно, оно имеет характер символический и мифологический. А слова метафизиков сухи и бесцветны: они убивают поэзию мифов, этих «прекрасных древних сказок».

Так рассуждал устами Полифила А. Франс, художник слова и философ, относившийся скептически, подобно В. Гёте, к абстрактно-научному познанию природы, противопоставлявший ей познание интуитивное, образное, мифопоэтическое. В работах физика и философа Г.А. Соколика [2; 3] проводится противоположная мысль – о поэзии «странного мира», создававшегося метафизиками, мира «мышления вне контекста», освобождающего наш разум от «педагогички улицы», от предрассудков интуиции, рождаемой обыденным здравым смыслом. Мир метафизики кажется сухим и скучным только человеку, воспитанному «на улице», то есть на натуралистическом мировоззрении века Просвещения. Однако кроме интуиции здравого смысла есть интуиция интеллектуальная; она делает метафизический мир возвышенным – музыкальным. Этот мир превращается в мифопоэтический, если создается религиозными личностями, которые придают ему жизненность. Так, мир платоновских вечных идей, вопреки многим интерпретаторам, представляется не абстрактным, а жизненным, потому что Платон как философ никогда не порывал с мифологией: мир его эйдосов вышел из его, платоновой, мифологической «сказки».

Какая же из этих двух точек зрения предпочтительнее в отношении понимания метафизики? Может быть, ни та ни другая, ведь мы еще не поняли, что для нас означает слово «метафизика».

За разъяснением, по-видимому, следует обратиться к И. Канту, который в «Критике чистого разума» если и не дал явного, конструктивного определения метафизики, то, по крайней мере, отграничил ее область от предметов познания естественных наук.

Предыдущий, XVII в., был веком торжества рационализма. Рационалисты исходили из убеждения, что человеческий разум мыслит бытие, или, выражаясь словами Спинозы, «порядок идей тождественен порядку вещей». Тогда, следовательно, наш разум постигает истину; под истиной же понималось *adaequatio intellectus et rei* – совпадение (отношение тождества) наших понятий с предметной реальностью. Всех философов одушевляла эта идея, утверждавшая могущество человеческого разума.

И. Кант взорвал эту идею. Он умел подрывать основы философской мысли. Кант вызвал «скандал для философского и общечеловеческого разу-

ма», высказав следующую крамольную мысль: разум не может доказать существование вещей вне нас и вынужден принимать их существование на веру; разум не может отличить бытие от небытия. Мысль о предмете, показывает Кант, не есть еще предикат существования предмета: из декартовского *cogito* еще вовсе не следует *sum*. Поэтому научное познание имеет предметом не бытие, а лишь мир чувственно созерцаемых феноменов. Объекты рационального познания не есть вещи, вещи сами в себе не доступны познанию.

Что касается вещей самих по себе, то Кант совершенно и полностью признает их объективное бытие – как внешний фактор, доставляющий нам «материю опыта», то есть сами ощущения как материал для возможного опыта. Эти внешние источники ощущений носят название ноуменов. И. Кант, таким образом, признает возможность отвлеченной метафизики, то есть способность чистого разума вообще мыслить вне чувственных созерцаний. Он допускает ноумены – объекты нечувственного созерцания, которое он называет интеллектуальным созерцанием, указывая лишь, что оно «безусловно лежит вне нашей познавательной способности» [4].

Кант, прежде всего, провел демаркационную линию между метафизикой и математикой, отнеся последнюю только к области чувственных созерцаний *a priori* [4, с. 600–602]. Все, что измышляет чистый разум вне созерцаний, Кант назвал чистыми (трансцендентальными) идеями; область же применения разума к созерцаниям он назвал рассудком и подчеркивал, что «без такого разграничения метафизика просто невозможна». (Этому разграничению у Канта соответствует разграничение терминов: *Vernunft* – разум, *Verstand* – рассудок.) И. Кант доказал способность рассудка создавать категории, упорядочивающие факты опыта, и, благодаря этому, признал аксиомы и теоремы математики синтетическими суждениями *a priori*. Но категории рассудка не распространяются на область ноуменов, которые чистый разум, хотя и может мыслить (в тех же категориях), не может созерцать ни в каком опыте. В мире ноуменов для чистого разума нет ориентиров. Там нет априорного принципа причинности – им всецело владеет познание рассудочное, которое помещает причинность в трансцендентальный, феноменалистический мир; нет и таких априорных форм познания, как время и пространство: они тоже суть формы интуиции (*Anschauung*), упорядочивающие образы чувственных созерцаний. Поэтому, когда чистый разум принимает свои идеи за познаваемые предметы, то он преступает за пределы положенного ему права и неизбежно запутывается в противоречиях – «антиномиях трансцендентальных идей».

Возможна ли метафизика природы? Действительно ли Кант отвергал метафизику? Напротив, он считал стремление к метафизическому знанию «неистребимой потребностью человеческого разума», поскольку опыт никогда не может удовлетворить разум. Проложив границу между математикой и метафизикой, Кант, в отличие от его эпигонов-неопозитивистов, отнюдь не

считал невозможной не только метафизику вообще, но и метафизику природы в частности. «Наука о природе в собственном смысле этого слова, – пишет он в «Метафизических началах естествознания» [5, с. 58] всего через 5 лет после выхода в свет «Критики чистого разума», – прежде всего, предполагает метафизику природы». Что он под нею понимал? Науку о существовании вещей, ибо для Канта наука о природе есть «выведение многообразного содержания всего того, что относится к существованию вещей, из внутреннего принципа природы» [5, с. 57]. Какого именно? И. Кант уточняет: такого, что «законы природы, лежащие в ее основе, познаются а priori и не представляют собой лишь эмпирические законы» [Там же], потому что лишь на таком познании может основываться аподиктическая достоверность, которую ищет в науке разум. Это есть уже попытка позитивной формулировки метафизики: «Чистое познание разумом из одних лишь понятий называется чистой философией, или метафизикой» [Там же].

Тут тоже возникают вопросы. Во-первых, мы не знаем, что такое есть чистое познание в одних понятиях (к этому вопросу мы еще вернемся). Откуда оно возникает? Как возможна метафизика? Во-вторых, как согласуется у Канта это «чистое познание разумом» существования, то есть бытия вещей, с чисто научным знанием, осуществляемым рассудком в области созерцаний? Ведь в той же своей работе И. Кант пишет: «Существование нельзя изобразить ни в каком априорном созерцании» [Там же, с. 58]. Это значит: бытие, онтология не могут быть предметом знания положительных наук.

Мы сталкиваемся с явным противоречием. С одной стороны, для Канта естественные науки – математика, физика имеют своим предметом «природу» как трансцендентальный мир, создаваемый из фактов опыта посредством априорных форм созерцаний (в качестве таковых у него выступают пространство, время, причинность). Иными словами, «природа», как объект научного знания, присутствует лишь в области созерцаний и, следовательно, совершенно удалена из метафизики. С другой стороны, естествознание в собственном смысле слова рассматривается Кантом как метафизика («метафизика природы»).

Так что же такое для Канта есть «природа»: мир феноменов или мир ноуменов? Сам Кант не оставил ясного ответа на этот вопрос, но неокантианцы решили: только совокупность феноменов. Под влиянием такой идейной установки физика после Ньютона до самого XX в. развивалась по пути позитивизма, изгонявшего из физики всякий метафизический элемент. В результате к началу XX в. неокантианство и неопозитивизм устранили онтологию и самое бытие как предмет философского познания.

Как видим, Кант не отвергал метафизику природы: ее отвергли эпигоны Канта. Однако Кант не относил метафизику к области наук, недаром он отделил демаркационной линией метафизику от математики (следовательно, и от теоретической физики, язык которой – математика). Если метафизика строится как наука (а именно так строили свои метафизические системы Декарт и Лейбниц), то ее покарают антиномии.

Но где проходит демаркационная линия? Кант не уставал задавать себе вопросы: «Что же разум способен дать сам по себе и где его способность начинает нуждаться в помощи эмпирических принципов?» [5, с. 57]. И, видя, что «эмпирические принципы» не удовлетворяют, а лишь раздражают разум, он формулирует основной вопрос философии еще категоричнее: «Основной вопрос состоит в том, что и насколько может быть познано рассудком и разумом независимо от всякого опыта» [4, с. 78].

Кант лишь поднял эти вопросы. Ответить же на них ему не позволил его собственный догматизм в понимании пространства. Одно порождало другое: кантианское понимание пространства, приспособленное исключительно к образам созерцаний, порождало кантианскую границу между физикой и метафизикой. Между тем еще в XIX в. нашелся мыслитель, который задался вопросом: а существует ли в самом деле утверждаемая Кантом непроходимая граница между физикой и метафизикой? Это был В. Соловьев, который написал [6, с. 280]: «Ошибочно противопоставление метафизики как знания чисто умозрительного положительной науке как знанию чисто опытному. Действительность, с которой имеет дело наука, есть умственное построение, невидимое и не подлежащее никакому восприятию. Положительная наука неизбежно становится на тот путь сверхчувственного, умозрительного построения вселенной, по которому метафизика пытается идти далее до конца».

Познание как проблема

Кант и греки. Трансцендентальный синтез Канта означал принципиальный отход от греческой реалистической традиции в математике и от греческого Космоса. Однако большинство математиков и после Канта оставались наивными реалистами и продолжали верить, что живут еще в раю, созданном греками, – познают мир вещей в себе. Отделив математику от метафизики, Кант сказал им, что этот их «рай» – иллюзорный, и предложил им взамен другой рай, номиналистический. В этом раю разуму присваивалась поистине божественная функция – диктовать природе законы; это оказывалось теперь возможным: ведь «мир», то есть «опыт», познается умом, лишь поскольку он создается им же. Научный опыт математика строится им самим путем конструирования понятий в априорном созерцании, так что математик находит рассудочно в опыте только то, что он сам же в него интуитивно влагает.

Кто же оказался прав: Кант или греки? Греки ведь тоже рассматривали свой Космос как творение (Демиурга), созданное по математическому плану, и для этой цели они изобрели математику. Только, в отличие от Канта, у них не было никакой демаркационной линии между математикой и метафизикой. Их Космос был математический – и одновременно метафизический. Они уже создали то, о чем мечтал Кант, – метафизику природы. Это, однако,

требует разъяснения, ибо может показаться неправдоподобным (к этому вопросу мы снова вернемся позже). Сразу возникает много вопросов, и первый из них: разве греки не понимали того, что понял Кант и что он назвал трансцендентальной иллюзией разума? Эта иллюзия заключалась в том, что в наши дни получило название «пифагорейский синдром»: «синдром» разума заключался в том, что он собственный продукт – объекты «познания» – стал отождествлять с вещами реального мира. Впрочем, понимаем ли мы, что такое «познание»? И что мы понимаем под «реальностью»?

Кантианская критика Р. Декарта была продолжена Вл. Соловьевым, который заметил, что наш разум не может отличить наше сознающее Я от того, что вне Я и что мы называем «объективным миром». Причину этого он увидел в том, что разум не может определить само наше Я как субъект познания («декартовский субъект познания есть самозванец без философского паспорта» [7, с. 123]). Наш разум всегда, как между двумя соснами, блуждает и путается между Я и не-Я (данным нам Я и заданным для познания миром не-Я). Очевидно, это происходит потому, что он не может определить собственное Я. Путаницы бы не было, если бы мир являлся нам только в наших ощущениях. Было бы ясно: все, что является моим пяти чувствам, – это внешнее, это не-Я. И потому для практической ориентации в мире такой путаницы не возникает.

Развитие науки подтвердило философское сомнение Вл. Соловьева: сейчас предметом теоретической физики являются объекты, которые не могут явиться нам ни в каких чувственных созерцаниях, которые могли бы свидетельствовать о них как внешних источниках ощущений. Как и предвидел Вл. Соловьев, физика встала на путь метафизики.

Физическое и геометрическое пространства. Ноумены проникли в область физического знания через лазейку, называемую геометрическим пространством, употребляемым в физике. В квантовой механике это есть линейные пространства, в современных теориях полей – пространства гиперкомплексных алгебр – кватернионных и октонионных, в общей теории относительности – особый тип искривленных пространств: псевдоримановых дифференцируемых многообразий. Между тем наш внешний опыт – опыт ощущений – может нечто сообщить нам только о том пространстве, которое Пуанкаре назвал «физическим пространством». Оно не имеет ничего общего с геометрическим пространством, идея которого рождается нашим разумом.

«Физическое пространство» мы формируем сами на основе опыта наших ощущений – двигательного, тактильного и визуального. Оно возникает в нас вследствие наших психических впечатлений от изменений, происходящих с внешними предметами. Наблюдая эти изменения регулярно, мы привыкаем к мысли, что они могут быть скомпенсированы соответствующими изменениями, вызванными нашими собственными движениями, – изменениями положения нашего тела, пальцевых мышц или глазного яблока.

Физическое пространство мы можем себе представить – в буквальном смысле ощутить его, ибо элементами («точками») этого пространства являются наши представления, или психические образы. Это и есть подлинное пространство нашего опыта – наших ощущений. Три характерных класса наших мускульных ощущений представляются нами как три измерения физического пространства. Однако это пространство не дается нам в интуиции (чистом созерцании) – оно производится только эмпирическим опытом, и поэтому только с этим опытом оно сопоставимо.

С другой стороны, из этих двигательных ощущений в нас возникает ассоциация идей, обозначаемая нами как трехмерное евклидово пространство ЕЗ. Это уже пространство геометрическое, потому что мы его не представляем в психических образах, а мыслим. Отсюда реалисты делали заключение, что идея геометрического пространства формируется в нас опытом ощущений и тем самым геометрические объекты могут рассматриваться как абстракции от «вещей реального мира» (ведь они же, в конце концов, источники наших ощущений!). Это, однако, будет уже принципиальной ошибкой, от которой предостерегает Пуанкаре.

Прежде всего, физическое пространство не обладает существенными свойствами пространства геометрического, такими как однородность и изотропия. Но главное, опыт ощущений не может сформировать понятия непрерывности, каким оно является в геометрическом пространстве. Математическая непрерывность действительных чисел требует введения понятия иррационального числа, которое есть лишь «символ, то есть нечто, совершенно отличное от представления» (Пуанкаре [8, с. 23]), как эмпирического, так и интуитивного. Таким образом, математическая непрерывность является чистым созданием разума, в котором опыт совершенно не участвует.

Поскольку геометрическое пространство лежит вне созерцаний, то, следуя терминологии Канта, оно должно быть отнесено к области ноуменов. Поэтому самым точным контробразом, противостоящим геометрическому пространству, служит даже не «физическое пространство» Пуанкаре, рождаемое только эмпирическим опытом, и не пространство чистой интуиции Канта, а нечто более общее, содержащее то и другое как частные случаи, – то, что Н. Гартман назвал «пространством созерцания».

«Самое замечательное и, в известной мере, действительно парадоксальное в пространстве созерцания то, что оно является пространством в сознании, в то время как само сознание со всеми содержаниями непространственно, – писал Н. Гартман в 1950 г. в книге «Философия природы». – Это – поразительное приспособление сознания к внешнему миру; иначе мир не мог бы быть представлен как внешний».

Итак, в нашем (непространственном) сознании рождаются два несовместимых друг с другом пространства:

1) пространство созерцаний (по Н. Гартману, «представляемое пространство есть пространство созерцаний»);

2) геометрическое пространство, объект не представляемый, в созерцаниях не конструируемый.

Будучи совершенно чуждой созерцаниям, геометрия вообще не необходима для оформления и организации опыта. Вопреки Канту, геометрия не является априорной формой, налагаемой на нашу чувственность, ибо для этой цели в нашем сознании возникает ассоциация идей пространства созерцания, а не геометрического пространства. Тем самым геометрическое пространство уходит вообще из познания, как оно понималось Кантом. Оно отодвигается не в область физики (как определил было Брауэр), а в область метафизики (как ее определил Кант).

Умеем ли мы мыслить? Английский мыслитель Дж. Леббок написал: «Природа предстает перед нами в виде какой-то священной книги, богато иллюстрированной, но написанной на непонятном нам языке». Эта фраза на первый взгляд вызывает недоумение: почему язык этой «книги» непонятен? Мы знаем также слова Галилея об этой «книге», который сказал, что иллюстрирована она точками, окружностями, треугольниками... Иными словами, ее язык – это язык математики. А что может быть яснее и понятнее математики, в которой истинность удостоверяется логическим доказательством?

Так оно и было со времен Аристотеля, создавшего формальную логику и теорию доказательства, – до начала XX в., когда разразился всем известный кризис оснований математики. Теперь на 26-м или 27-м веку существования математики «термин “доказательство”... не имеет точного определения» (В. Успенский [9, с. 9]). Само понятие истины в математике, прежде определявшееся доказательством, утратило абсолютный смысл. А свойства, например, треугольников, иллюстрирующих «книгу природы», стали зависеть от выбора геометрии, причем, как указал А. Пуанкаре, выбор этот диктуется нашим произволом – удобной для нас «конвенцией», потому что внешний мир (природа) может быть описан какой угодно геометрией.

Поневоле задумаешься: а не прав ли Дж. Леббок? Любопытно справиться: а что об этом думают ученые-физики? Один из известных физиков сказал: самым большим несчастьем для физики является то, что она не может существовать без математики. Это теперь понятно. Несчастье для физики в том, что она не может обходиться без непонятного нам языка. Раз геометрические пространства относятся к ноуменам, то язык современной математики – это тот самый язык метафизиков, на который направил свои критические стрелы Полифил, герой А. Франса. Это язык тех самых абстракций, которые не имеют никаких гарантий реальности, кроме слов. Как говорит Полифил, тут «слово и предмет не в состоянии примениться друг к другу, так как существуют не в одном месте, а врозь; они не могут друг друга узнать, раз находятся в разных мирах» [1, с. 343]. В каком мире, например, находится квантово-механическая пси-функция? Она есть вектор бесконечномерного гильбертова пространства, которое чувственным опытом не воспринима-

ется. Как ей «примениться» к нашему предметному миру, если она даже в теории формально не относится к числу наблюдаемых величин?

Можно, правда, считать (как считал Э. Шредингер), что пси-функция – это произвольное изобретение нашего ума, то есть принадлежность нашего Я. Но как применить ее к внешнему миру, если наше сознание не умеет отличить его от нашего Я?

Умеем ли мы вообще мыслить, если мы не в состоянии доказать существование внешнего мира, то есть отличить бытие нашего Я от бытия вещей? Мартин Хайдеггер прямо утверждает: мы не умеем мыслить, потому что настоящее мышление есть мышление в бытии и о бытии, а бытие – как «то, что требует наибольшего осмысления», – само отвернулось от нас. Отсюда его антисциентистский вывод: «Наука не может мыслить» [10, с. 137].

О какой науке говорит здесь Хайдеггер? Очевидно, о науке, которая сама отказалась от познания бытия, то есть о науке неокантианского, позитивистского типа – той, которая стремится лишь к феноменологическому каузальному описанию явлений на основе предполагаемой «сплошной связи явлений в контексте природы» (Кант). Она не допускает свободы в природном мире: согласно ей, природа не имеет «окон», через которые в познание могли бы проникнуть ноумены, объекты метафизические, не подчиняющиеся кантианской сплошной каузальной связи. Но в XX в. появилась другая, онтологическая парадигма, о которой речь пойдет далее. В ней в физику проникли сами ноумены, и появились «окна» в мир свободы.

Самый важный вопрос философии – вопрос о бытии и отношении сознания к бытию – в философском мировоззрении физиков формулируется как вопрос о природе реальности, которую, по их мнению, они познают. Физики верят, что они познают реальность, и, чтобы познать ее во всей полноте, хотят для этой цели создать Окончательную теорию, которая могла бы дать однозначный ответ на вопросы: какие силы управляют Вселенной? Почему мир устроен таким, каким мы его наблюдаем? То есть на вопросы не столько о «знании» мира, сколько о понимании его. Понимание своего знания – это и есть обретение реальности. «Мы называем бытием то, в чем есть понимание... И только бытие мы можем понимать» (М. Мамардашвили [11, с. 33, 55]).

Роджер Пенроуз, подытоживший усилия физиков XX в. в поисках Окончательной теории, в заключительной главе своей книги, названной «Путь к реальности» [12], признает, что «путь к реальности» до сих пор не найден, хотя «уже в XX в. человечество, несомненно, достигло на пути понимания замечательного прогресса».

Я не разделяю даже этого, умеренного, оптимизма Р. Пенроуза. Именно с рубежа XIX и XX вв. (Вл. Соловьев) возникло сомнение в нашей способности к пониманию, в возможностях теоретического познания. Более того, выяснилось, что сам вопрос «что значит мыслить?» пугающим образом остался без ответа.

Всякое познание, говорит И. Кант, начинается с опыта, но откуда происходит сам опыт? Какое содержание мы вкладываем в это понятие? Ощущения, представления и даже мысли нам достоверно известны лишь как наши психические состояния – и не более. Только про них мы непосредственно знаем, что они подлинно существуют, и это непосредственное знание голого факта наших мыслей и представлений мы называем сознанием. Оно нам дано как факт, это не значит – познано как объект. Этот безусловный наличный факт, данный нам непосредственно, до и вне всякого познания, есть единственное несомненное бытие, которое М. Хайдеггер называет гегелевским термином *Dasein*, «вот-бытие».

Понятие «объект», а с ним и «познание» появляются, когда мы не удовлетворяемся данным нам знанием бытия наших представлений (*Dasein*) и хотим идти дальше – узнать, существует ли бытие внешних предметов, не зависящее от наших представлений и вообще от нашего *Dasein*. Вл. Соловьев в своей последней (незаконченной) философской работе «Теоретическая философия» [7] подмечает, что никаких философских оснований для утверждения такого бытия внешнего мира у нас нет, потому что «в чистом сознании нет никакого различия между кажущимся и реальным». И это потому, что наше рефлексирующее сознание (разумная часть нашего Я) умеет производить сравнение только между содержаниями самого сознания – тем, что мы называем представлениями, то есть тем, что принадлежит нашему Я. Оно не может сравнивать представления и так называемые «вещи», если сама «вещь» не есть также представление (это дало возможность Шопенгауэру сами вещи назвать нашими представлениями).

В сущности, говорят одно и то же: и «чистый разум» Канта, и «чистое сознание» Вл. Соловьева ничего не могут нам сказать о подлинной реальности. Они говорят не о внешнем мире, который мы по привычке называем «объективным», вне нашего сознания существующим, а лишь о самих себе. Да и что они такое сами, эти «чистый разум» или «чистое сознание»? Может быть, это какие-то самозванцы? Кант, например, нигде не дал определения, что такое вообще есть разум, он только лишь отграничил (и то, как мы увидим, произвольно) область действия чистого разума и рассудка. О рассудке мы еще что-то можем понять: он действует в области хорошо нам знакомых чувственных созерцаний, не выходящих за пределы нашего Я. А что может познавать чистый разум, который не умеет отличить Я от не-Я, бытие от не-бытия? Что же, собственно, он умеет? Об этом высказался Хайдеггер (1956 г., [13, с. 114]): «Где и кем было решено, что такое разум? Всякий считает, что философия есть дело разума. Но, может быть, это необдуманное заключение... Сам ли разум делает себя господином философии? Если да, то по какому праву? Если нет, то откуда он получил свое назначение и свою роль?». Хайдеггер ставит вопрос: не самозванно ли наш разум присвоил себе это назначение, раз он даже не умеет доказать существование внешнего мира – отличить Я от не-Я? Можно ли в познании бытия полагаться на разум,

если еще ранее И. Гаман вот так отозвался о нем: «Разум – источник и всей правды, и всех заблуждений»?

С аналогичным скептицизмом Вл. Соловьев высказался о «чистом сознании». Он продемонстрировал [7], что один только факт состояний нашего сознания (Dasein) ничего еще не говорит нам о том, что именно является в этом сознании. С этого вопроса, говорит Соловьев, должна только начинаться теоретическая философия, первая задача которой – объяснить, что такое означает мыслить в отвлеченном смысле, то есть так, чтобы мышление могло определить, что такое есть не-Я как некоторая реальность. Согласно Вл. Соловьеву, к рубежу XIX и XX вв. философия сама еще не ответила на этот главный вопрос, то есть сама еще не умеет мыслить. Соловьев не успел дать ответа, русский философский Ренессанс вскоре был насильственно прерван, а вопрос остался как завещание XX в.

И не случайно этот вопрос – что такое мышление? – мы вновь встречаем у М. Хайдеггера. Его сочинение 1954 г. так и называется: «Что значит мыслить?» (Was heißt Denken? [10]). Автор констатирует, что про это можно лишь спрашивать, но ответ дать нельзя. Человек хочет мыслить, ибо он – homo sapiens, но из этого не следует, что он в состоянии мыслить. Это два разных немецких глагола, означающих «мочь»: mögen – мочь в смысле иметь возможность и vermögen – мочь в смысле быть в состоянии, уметь. Мы еще не мыслим (не vermögen), говорит Хайдеггер, не умеем мыслить, и он указывает причину этого: то, что требует осмысления, само отвернулось от человека.

Что имеет в виду Хайдеггер? Он говорит нам: предмет мысли был обращен к человеку изначально (видимо, как утерянный Космос, гармония) и, удаляясь от нас, он притягивает нас к себе, так что человек – это указатель (знак, символ) его самоудаления. Этот знак – сам человек – остается без истолкования, мыслить же – значит истолковать знак.

Самое для нас значительное, наиболее требующее осмысления, с каких-то времен оказалось закрытым от нас, и наше разумное сознание даже не может определить, что такое оно есть. И человек, как существо сознающее, может быть определен лишь отрицательно: как знак закрытости от нас этого «оно», его недостижимости. Причем знак неистолкованный. И оттого мы, так называемые «сознающие существа», не можем истолковать ни самое важное для себя, ни даже самих себя.

Предметное знание

Позитивизм. Проблема демаркации. Раз чистое сознание ничего нам не скажет о реальности, из этого напрашивался вывод: о реальности нам может нечто сказать только опыт непосредственного общения с природой, а единственно доступная нам форма такого общения – наш чувственный опыт.

Так родился позитивизм, изгнавший онтологию из методологии физики. Его главный принцип был назван принципом наблюдаемости, согласно которому физическая теория должна быть сформулирована в операционально определенных терминах, то есть в терминах измеримых величин, а сами измеримые величины приобретают смысл в рамках создаваемой для этого теоретической модели. Физика сознательно отказалась от претензий на истину, на познание реальности. Точнее, единственной реальностью для нее стало только то, что наблюдаемо. Так, физики-позитивисты Э. Мах и Э. Шредингер признавали единственной реальностью только образы нашего чувственного восприятия, фиксируемые в эксперименте.

У позитивистов-физиков были, конечно, философские предшественники. Ранний логический позитивизм в лице Л. Витгенштейна, Г. Рейхенбаха, Р. Карнапа, а также операционализм (Бриджмен, Эддингтон) в качестве основной задачи методологии науки ставили очищение научного эмпиризма от метафизики, называя эту задачу «проблемой демаркации». Метафизика, как нечто вненаучное, исключалась из области наук о природе. Наиболее пригодным средством для очищения научного эмпиризма от метафизики логический позитивизм признает метод верифицируемости, состоящий в требовании сводимости значения предложения к способу его эмпирической проверки.

Чего достигает такая методология? Она стоит на распутье: выбрать реальность – или отказаться от нее? Что легче? Оказалось: отказаться легче. Легче решать вопрос об истине простым операционализмом. Совокупность простых и логически обоснованных операций сразу приводит нас к истине факта. Совокупность всех истин факта образует то, что называется «физическим миром». Физика не знает и уже не хочет знать, что такое есть «объективный», лежащий вне наших восприятий мир: он просто уходит из физического познания, так что сам вопрос о соответствии теоретического знания со знанием опытным утрачивает смысл. Эддингтон высказал это категорически: «Физический мир вообще не тождествен объективному данному миру... и поэтому законы физики не могут быть экспериментально опровергнуты» (Эддингтон А. Философия научного знания. 1939).

Что же вынудило физиков отказаться от реальности? Ведь ученые, казалось бы, изменили принципам своей науки, цель которой – познание реальности. Вопрос следует адресовать в первую очередь не к ним, а к их философским предшественникам – неокантианцам. Чтобы понять это, следует вернуться к вопросу о том, что такое есть физическое познание.

Предметное познание. Физика как наука, естественно, не сводится к голому эмпиризму; это не станут отрицать даже физики-позитивисты, цель исследований которых – физическое («представляемое») пространство. Любой физик в своей интерпретации данных физических измерений использует отвлеченные понятия. Понятия – принадлежность нашего мышления, а оно – факт нашего Dasein.

Видимо, должно существовать некое связующее звено между миром Я и миром не-Я. Если бы его не было, мы не могли бы существовать, погибло бы наше Dasein. Ибо нашему Я, чтобы выжить, требуется ориентироваться в мире не-Я, тоже присутствующем в нашем сознании. И как будто кто-то извне чудесным образом позаботился о существовании нашего неведомого нам Я. «Пространство созерцаний», о котором говорит Н. Гартман, для нас жизненно необходимо. Вне этого пространства мы не могли бы ориентироваться во внешнем мире, и без него этот чуждый нам «внешний мир» просто поглотил бы наше Я.

Отвлеченное познание, или познание в понятиях, которое физик использует в интерпретации данных внешнего опыта, не отличается от принципиальной установки нашей жизненной цели. Ведь познать нечто в понятии – значит уловить в этом новом для нас «нечто» общее с тем, что уже нам знакомо и подведено под известное уже нам понятие («понятие» – оно и означает «общее»). Семен Франк [14] назвал это познание предметным, то есть направленным на «внешний» (объектный) мир. Как видим, характерное его свойство то, что оно опирается на предшествующее ему знание внешнего, «предметного» мира. Этим определяется также основное используемое им средство – причинность, как объяснение нового через уже известное, так что ему можно было бы дать и другое наименование – каузальное познание.

Вспомним, что И. Кант поставил каузальный принцип во главу научного познания. Он исходит из недоказанного (и недоказуемого) положения о том, что «сплошная связь всех явлений в контексте природы есть непреложный закон» [4, с. 481]. По-другому это у него формулируется так: «Закон природы гласит, что все происходящее имеет причину» [4, с. 484]. Кто доказал этот «закон природы»? Кант догматически принимает «природу» такой, чтобы этот «закон» для нее выполнялся, не давая себе даже труда дать строгое определение «причины».

Заметим, что вся современная философия науки исповедует исключительно предметное знание: «Там, где наука не может сконструировать предмет... там и кончаются ее притязания», – пишет В.С. Степин в своем труде «Теоретическое знание» [15, с. 42]. Научное знание рассматривается им как «исторически развивающаяся система», создаваемая на основе опыта всего предшествующего знания, «заимствующаяся из ранее сложившихся систем знания». Такое знание импонирует нам тем, что оно позволяет осуществлять предсказуемость на основе причинности. Но является ли научная (причинная) предсказуемость универсальной?

Физика, в которую вошли ноумены, позволила утверждать, что в мире не все каузально обусловлено и, стало быть, не все может быть постигнуто предметным знанием.

О неопределенности в природе можно было говорить уже с возникновением частной теории относительности, которая продемонстрировала, что не всякие два события пространственно-временного мира могут быть каузально

связаны. Общая теория относительности обнаружила новые области, топология которых не допускает причинной предсказуемости. Факт существования таких областей (черные дыры, кротовые норы) еще более ограничивает возможность предсказания будущего, свидетельствуя о том, что мною было названо свободой в природном мире [16], той «свободой в природе вещей», о которой в древности говорил еще Эпикур. Тот факт, что в природе вещей лежит принцип свободы, окончательно был утвержден квантовой механикой. Оказалось, что весь микромир (все, из чего составлена материя) есть царство неопределенности, в котором исчезают даже наши привычные представления об упорядоченности (больше – меньше, раньше – позже).

Мы видим, что предсказательная сила теории – еще не показатель ее познавательной способности. В каком-то смысле даже наоборот: чем более теория позволяет предсказывать, тем менее она позволяет понимать, то есть тем менее проникает в суть бытия, характерным свойством которого является именно непредсказуемость. А раз так, то о какой Окончательной Теории можно мечтать? Идеальная теория претендует на идеальную ясность и определенность описываемого. Откуда им взяться, если бытие по существу своему исключает абсолютную определенность и предсказуемость?

Теперь попробуем понять, почему И. Кант поставил предметное знание во главу угла методологии естественных наук. Почему он отказался от познания реальности?

Нам известно, что И. Кант искал знание о реальности – о вещах самих по себе – и даже считал, что настоящее знание о природе есть знание о нуменах – «метафизика природы». Однако он же первый додумался до того, что разум не может доказать «существование вещей вне нас», и назвал это «скандалом для философии и общечеловеческого разума» [4, с. 101]. Что было делать? Совсем отказаться от разума? Но ведь существовали же науки, а они хранили в себе какой-то магический, завораживающий секрет познания, и Кант испытывал к ним всеобъемлющий, догматический пиетет. Науки не позволяли отказаться от разумного познания, но вместе с тем Кант не мог признать разум «господином философии». По какому, собственно, праву? Ведь этот «господин» не мог решить основной, кардинальный вопрос самой философии – вопрос о бытии вещей самих по себе. Выход был один, хотя и грустный: отказаться от мечты, наступить на горло своей любимой песне. Изменить мечте, только бы не изменить науке.

Это значило: набросить узду на философию, заставить ее отказаться быть «метафизикой природы». Заставить философию быть нормальной. Нормальная же философия – это та, которая строится на принципах каузального знания, а эти принципы суть априорные условия возможности внешнего опыта. Эти априорные условия берутся, естественно, не из опыта, но предписываются опыту познающим субъектом. Субъект, однако, не знает, что такое есть внешний опыт, его разум не может отличить свое Я от «внешнего мира». Значит, следовало наделить субъект особыми суверенны-

ми правами – некоей «регулятивной функцией», способностью определять содержание нашего опыта – «круг возможного опыта». Это, конечно, чистый произвол, догматика, но Канту именно требовалось любой ценой отстоять эти два догматически принимаемых им принципа:

- 1) мир познаваем;
- 2) эта познаваемость осуществляется в формах научного знания.

И долой всякую философию, которая стремится к запредельному – за пределы демаркационной линии, отделяющей отныне науку от метафизики!

Разум частично был восстановлен в правах, и за счет этого «опыт» становился послушным и пушистым. На него, по словам Бердяева, был надет «рационалистический намордник». Эти слова, однако, требуют уточнения. Нельзя набросить намордник на того, кто не найден и не опознан. «Намордник» был наброшен не на опыт, а на философию. Впрочем, как уже было сказано, Кант не от хорошей жизни пошел на создание своей «полицейской» философии. Он понимал, что этот его рационализированный «опыт» не дает никакой информации о подлинной реальности, а его теория познания отделена от бытия демаркационной линией. Но она так и строилась – не как познание истины, а как познание предметное, служащее нам для ориентации в непонятном нашему разуму «внешнем мире». И тут Кант, со своей точки зрения, был безусловно прав. Он ужаснулся открывшейся ему бездне неизвестного, окружающей наше разумное Я, и понял, что разум – единственный наш путеводитель в этих темных джунглях. Путеводитель, правда, может и сам заблудиться и вместо светлой лужайки завести нас в гиблое болото. От этого нас никто не гарантировал, но и выбора нам никто не предоставил: другого путеводителя у нас все равно нет.

Так, думается, рассуждал Кант: тут ведь не до истины – лишь бы сбегать наше Dasein, выжить в мире тайн и неизвестности. Пусть необходимость всеобщих причинных взаимосвязей доказать нельзя, но Кант имел право а priori приписать разуму главную регулятивную функцию, которая вносит в наш опыт необходимую для жизни упорядоченность – «сплошную связь всех явлений в контексте природы». Эта «рассудочная» функция разума стала тем факелом, который освещает нам путь в темных джунглях нашего опыта. «Мир» стал привычным и удобным для познания, хотя и бесконечно далеким от понимания.

Кант в конечном итоге победил: его гносеология предметного знания вернула философию вновь от каузального скептицизма Юма к прежней идее Спинозы о всеобщей связанности природы. Созданная Кантом теория познания была восхитительно надежной: рассудок всегда находит в познаваемом объекте знакомое, известное в чувственном опыте, потому что он сам же его в этот опыт интуитивно влагает.

Сократова ловушка. С. Франк выделяет предметное знание как некий определенный тип познания, присущий лишь некоторым определенным парадигмам, или состояниям нашего сознания, желая подчеркнуть, что это не

единственно возможный или, во всяком случае, не универсальный способ познания, и допуская тем самым возможность иного знания – знания иной реальности, лежащей в совсем ином измерении, нежели объектный, каузально постижимый, «знакомый мир» («мир нормального человека»). Это – некая иная, нездешняя реальность, которая не только неуловима в понятии, но недоступна и созерцанию: «...она не может быть усмотрена – она может быть лишь пережита» [14, с. 243]. Поскольку она не востима в понятии, нельзя говорить о каком-либо ее изоморфизме с содержаниями предметного знания: к ней неприменимо отношение *adaequatio intellectus et rei*. «Между тем, что выражается, и самим выражением, – поясняет С. Франк [14, с. 229], – нет отношения логического тождества, а имеет силу лишь отношение, которое мы называем металогическим соответствием». Эта иная реальность не есть совокупность содержаний предметного знания, она – содержащее: она имеет эти содержания, но не совпадает просто с ними и даже не есть их образ («это не есть образ – это есть именно бытие» [14, с. 222]).

Познание этой реальности, как всякое вообще познание, должно быть обусловлено единством познаваемого, но это единство не подчинено логическим принципам, оно лежит глубже их и может быть названо «металогическим единством» (термин С. Франка). Непосредственное (значит, внепричинное) знание бытия в его металогической цельности С. Франк считает первичным, то есть ничем не обусловленным, тогда как отвлеченное знание о предмете, выражаемое в суждениях и понятиях, – вторично, как результат «транспонирования» первичного знания на язык понятий.

Такое «транспонирование» бытия на внешний мир, то есть предметное познание, было бы невозможно, если бы в этом отношении сам «внешний мир» не шел нам навстречу, то есть если бы, несмотря на многообразие и изменчивость внешнего мира, в нем не было бы повторяемости фактов опыта и закономерностей в них, а они обусловлены естественными, причинными взаимосвязями явлений, в которых выражено их логическое единство. Доказать необходимость такого единства мы не можем, и об этом давно предупредил философ Д. Юм: необходимость причинных взаимосвязей в природе логически недоказуема. Саму естественную причинность мы должны воспринимать как некий дар извне, без которого мы не могли бы существовать в мире. Этот дар мы почему-то называем познаваемостью мира, хотя он проявляется лишь в том, что нам почему-то (кем-то?) позволено открывать в новом, незнакомом, общее с уже знакомым. Это именно дар, потому что а priori мы не могли бы ожидать, что в чем-то новом мы непременно найдем черты уже знакомого. А priori мы не имеем оснований для предметного познания, потому что такое основание, как подчеркивает С. Франк, несоизмеримо с мыслью, чужеродно по отношению к нашей мысли, или «металогично».

Поскольку а priori мы не можем быть уверены, что нам всегда позволено открывать в новом уже знакомое, мы не можем утверждать, что «внеш-

ний мир» до конца познаваем предметным познанием. Но в той мере, в какой это нам позволено, объект познания x есть заданный нам предмет внешнего опыта, иначе мы не могли бы сравнить его со знакомым. Предметное познание, выражающееся в суждениях типа « x есть A », предусматривает знание того предмета x , на который направлена наша познающая мысль. Именно на этом знании искомого основана пресловутая причинная предсказуемость явлений, которой так гордится наука.

Такое познание – предметное – попадает в ловушку известного сократовского парадокса: если я хочу что-то узнать, то я уже должен знать то, что я хочу узнать. Потому что, если бы я этого не знал, то как же я узнал бы искомое? Ведь чтобы узнать, я должен знать то, что я ищу.

В этом заключалась сократовская ирония: каждому, кто считал себя знающим, он демонстрировал, что его «знание» – не знание, а лишь мнение; пусть даже «правильное», то есть основанное на разуме и логике, но всего лишь мнение. Что позволяет отличать подлинное знание от «правильного мнения»? Сократ говорил, что настоящее, истинное знание, отличающееся от мнения, – это то, которое позволяет человеку найти наилучшее, самое для него важное и значительное. А что такое оно есть, «наилучшее», Сократ узнал от Дельфийского оракула: «Знать себя». Не «мир», не «природу», а себя. А умеем ли мы познавать это наше собственное Я?

Разум позволял создавать «правильное мнение» и «объяснение в связи с правильным мнением», то есть объяснение мира на основе естественной связи явлений. Иными словами: на разуме основывалось то, что мы назвали «предметным знанием». На этом причинном объяснении явлений Аристотель будет создавать свою «Физику» и станет родоначальником позитивистской методологии будущей науки. Сократ же верил не разуму, а оракулу. Он отказался от причинного объяснения мира, полагая, что оно не даст истинного знания. Знание корней вещей, говорил он, человеческому разуму недоступно: это есть тайна, ведомая только богам. В свою очередь, Аристотель искал не «корни вещей», не исконные их первопричины, а объяснение явлений на основе причинных рядов самих же явлений, то есть для Аристотеля «знанием» было то, что для Сократа было лишь «мнение».

Почему физика не может обойтись без метафизики?

Вторжение метафизики в физику. Кант подарил математикам (а вместе с ними и физикам) рай, только физикам со временем в этом раю оказалось неуютно. Это случилось, когда в физику вошли геометрические пространства. Что было делать физикам с метафизическими объектами? Выход, конечно, был, и заключался он в позитивизме, который и был изобретен именно для этой цели – устранения метафизики и вообще реальности из познания. Можно было вообще не думать об этих вещах, то есть не философ-

ствовать. Оставаясь позитивистом, можно было только верить в истину факта. В самом деле, физик может не быть философом, когда его науке не угрожает «научная революция» – когда он имеет в своем распоряжении «нормальную науку» в терминологии Т. Куна [17], то есть установившуюся форму научного исследования, признаваемую научным сообществом (Т. Кун называет ее «парадигмой», И. Лакатос [18] употребляет для нее термин «исследовательская программа»). Пользуясь готовой техникой для расчета определенных эффектов, можно быть позитивистом, не задумываясь о метафизических основаниях теории, считая критерием истинности соответствие наблюдательных следствий теории с экспериментом. Тогда легко забыть о метафизических сущностях, потому что они как раз недоступны никаким наблюдениям. Например, при расчете орбиты небесного тела по закону всемирного тяготения можно не учитывать, что этот закон сформулирован на основе метафизических (на опыте непроверяемых) абсолютного пространства и абсолютного времени. Однако философия нужна ученым именно в переломные периоды развития физики, особенно при формировании новой физической парадигмы. Так, Эрнст Мах сам себя даже не называл философом, но вынужден был им стать, чтобы изменить ньютоновскую парадигму. Он задался вопросом: нельзя ли объяснить такое ежедневно наблюдаемое явление, как силы инерции, не прибегая к идее абсолютного пространства? Это оказалось возможным с помощью новой идеи о гравитационном взаимодействии тел со всеми массами Вселенной (принцип Маха). Но бесконечно удаленные массы и вся Вселенная не даны нам в опыте и не являются объектами познания физики. Очевидно, принцип Маха – не физический: его следует отнести к философии. Мы видим, что Эрнст Мах для разрушения прежней парадигмы употребил и метафизические понятия (бесконечность, вся Вселенная), и свой в полном смысле слова метафизический Принцип. Э. Мах словно забыл, что здесь он не позитивист, а настоящий метафизик. Как ни выгонял Мах метафизику в дверь, она все-таки пролезла в окно.

Справедливость всегда требует выслушать противоположную сторону. Далеко не все физики были позитивистами. Если цель методологии операционализма – всего лишь «истина факта», то А. Эйнштейн указал, что даже этой своей цели она не достигает: «Еще ни одна теория не удовлетворяла операционалистским требованиям так, чтобы все ее понятия были операционалистски проверены» [19, с. 306]. Единственное, в чем может убедиться операционалист, – это то, что теория не противоречит фактам. Однако соответствие опыту (фактам) не означает еще истинности теории и не свидетельствует о том, что теория познает реальность. Чем определяется в ней критерий реальности? Как вводится в теорию предикат существования? Дело в том, что соответствие теории с экспериментом ничего еще не дает для решения вопроса о существовании изучаемого объекта. При сравнении теории с опытом подтверждается лишь наличие у объекта определенных свойств, но не наличие самого объекта (например, утверждению «быть красным» в

теории соответствует лишь свойство «красный цвет», но никакого «быть» в теории нет).

Фальсифицируемость теории и ноумены. В платоновском диалоге «Теэтет» Сократ говорит, что «мы лишены знания». Сейчас ясно, что под «знанием» он имеет в виду то, что под ним будет потом понимать Аристотель, – как некое знание «истины», в котором оно влечет за собой окончательность (Аристотель [20, с. 154]: «если что-то безусловно доказано, то иначе уже не может быть»). Такое понимание знания было усвоено потом новоевропейской наукой, шедшей по стопам Аристотеля и пришедшей в конце концов к позитивизму в виде «истины факта». Про такое «знание» Карл Поппер прямо говорит: «В науке нет знания» [21, с. 20]. Наука не есть «совокупность знаний» – она есть система гипотез, *«которые в принципе не могут быть обоснованы»* (курсив наш. – В.З.), но которые мы используем до тех пор, пока они выдерживают проверки» [21, с. 335].

Знание, которое дает наука, не может быть подтверждено или доказано – оно может быть только опровергнуто. Доказательства существуют только в чистой математике и логике, которые, однако, не дают нам информации о мире, а только разрабатывают средства его описания. Отсюда мы получаем необходимое (пока не достаточное) условие реальности, которое принимается за условие «истинности», или достоверности, высказывания в рамках данной теории: в той степени, в которой научное высказывание говорит о реальности, оно должно быть фальсифицируемо (Поппер [22]). «Это означает, – поясняет Поппер, – что мы не должны требовать возможности выделить некоторую научную систему раз и навсегда в положительном смысле, но обязаны потребовать, чтобы она имела такую логическую форму, которая позволяла бы посредством эмпирических проверок выделить ее в отрицательном смысле. Эмпирическая система должна допускать опровержение путем опыта» [22, с. 63]. Проверимость теории есть не ее верифицируемость, а ее фальсифицируемость. Более того, сама «научность» той или иной концепции определяется возможностью ее опытного опровержения: «теория, не опровержимая никаким мыслимым событием, является ненаучной» [22, с. 245].

Раз доказуемых знаний нет, о реальности нам говорят только знания опровержимые. И они, действительно, говорят о реальности, ибо «фальсификации... убеждают нас в том, что, хотя наши теории придуманы нами сами и суть наши собственные изобретения, они, тем не менее, подлинные утверждения о мире, поскольку могут приходиться в столкновение с чем-то, что создали не мы» (К. Поппер [27, с. 192]).

Поскольку, таким образом, фальсифицируемость теории – необходимое условие возможности что-либо познать о реальности, нам хотелось бы изыскать способ, посредством которого можно убедиться, что теория фальсифицируема.

Необходимый признак фальсифицируемости состоит в том, что теория содержит в себе принципы запрета, ограничивающие область изучаемых ею явлений – область применимости теории. Так, в механике Ньютона запрещается пользоваться иными системами отсчета, кроме инерциальных. Релятивистская механика распространила потом этот запрет на электромагнитные явления, введя дополнительный запрет, ограничивающий скорость распространения взаимодействий.

Теория, не содержащая запретов, не имеет собственного критерия достоверности: она не будет противоречить никаким фактам, то есть станет тавтологией. Наоборот, теория, содержащая запрет, допускает эксперимент, способный обнаружить его нарушение. Он носит название решающего эксперимента, так как его одного достаточно для того, чтобы теория была признана ложной. Такого эксперимента не допускает нефальсифицируемая теория.

Принцип фальсифицируемости не только не устраняет (подобно позитивизму) метафизический элемент в физике, но предполагает его. Теория фальсифицируема лишь в той мере, в какой она содержит метафизический элемент. В теории столько достоверности, сколько в ней метафизики. Сам принцип запрета, стало быть, есть принцип метафизики. Математическим же выражением принципа запрета является принцип относительности. Принцип относительности, поскольку он налагает на теорию запреты и делает ее фальсифицируемой, есть принцип метафизический.

Конвенционализм по Пуанкаре и конвенционализм по Эйнштейну и Попперу. И Эйнштейн, и Поппер, отказываясь от физической методологии позитивизма и отмежевываясь от неокантианства, определяли свою методологию как некоторую конвенциональность, что может привести к недоразумениям.

Так, Эйнштейн противопоставляет себя неокантианству, определяя свой научный принцип как выбор некоего свободного соглашения: «Всякое наше мышление... представляет свободную игру с понятиями... Представление об «истине» к ней еще совсем неприменимо; это представление, по моему мнению, может явиться только тогда, когда налицо имеется условное соглашение относительно элементов и правил игры» [19, с. 261]). Таким образом, под «произвольностью наших умозрительных построений» Эйнштейн понимает необходимость соглашений («конвенции») как необходимого условия физико-теоретического познания. Аналогично высказывается Поппер: «Мой критерий демаркации следует рассматривать как выдвижение соглашения, или конвенции» [22, с. 59].

Слово «соглашение» у обоих авторов может ввести в заблуждение. Из работ А. Пуанкаре мы знаем, что его конвенционализм вполне совместим с кантианством, если только отбросить кантианскую догматическую идею о категории пространства как обусловленной природой мышления. Примите возможность свободного выбора геометрии – и наш разум вполне смирится

с кантианскими синтетическими принципами, привязанными к образам созерцаний. Пуанкаре в таком смысле и понимал конвенцию – как выбор геометрии, приспособленной к опыту. Он выбирал геометрическое пространство исключительно для установления искусственного изоморфизма его символов с образами пространства созерцаний.

Опыт развития теоретической физики XX в. показал, что ее наибольшие успехи были связаны именно с использованием ноуменальных объектов – геометрических пространств (типы симметрий, пространства представлений абстрактных групп и т. п.). Как это ни парадоксально, но именно абстрактная геометрия, все более уходящая от языка наглядности («созерцательности») и уже вовсе не нуждающаяся в нем, используется физикой как некое универсальное средство для оформления материала наглядных образов.

Спрашивается: каким образом физика может брать за основу ноумен – геометрическое пространство, во всем не похожее на пространство представлений, с которым имеет дело физик? Почему геометрия вообще может быть полезна физике?

Закрадывается мысль, что само использование геометрии в физике чем-то незаконно. Недаром А. Эйнштейн сказал: «Если теоремы математики прилагаются к отражению реального мира, они не точны; они точны до тех пор, пока они не ссылаются на действительность» [23, с. 83].

Ситуация воистину парадоксальная: физика использует геометрию, несмотря на то что геометрия, как точная наука, в принципе не применима к внешнему миру (иначе что означают слова «теоремы математики не точны»?).

Для достижения любой цели требуется подходящий, соответствующий инструмент. Каким образом физик выбирает геометрию – инструмент, требуемый ему для организации представлений? Можно подумать: он выбирает ту геометрию, которую считает истинной, но ни один геометр не скажет ему, какая геометрия истинна. Мир может быть описан любой геометрией!..

Поставьте себя на место физика. Он имеет в распоряжении только пространство представлений (созерцаний), рождаемое в нем исключительно его живым опытом. Но разум, обладающий абстрактным понятием группы, способен выработать изоморфизм нашего физического пространства с одним из абстрактных геометрических пространств, то есть изоморфизм образов с символами. Так изобретается геометрия, но одновременно изобретается и способ ее использования для организации представлений в физическом пространстве, стало быть, для познания того, что мы можем представить себе как внешний мир.

Отсюда видна роль опыта в выборе геометрий. Именно опыт – ничто другое – направляет наш разум в его выборе геометрии. Казалось бы, разум вовсе не нуждается в рекомендациях опыта, он творит свободно геометрию как ноумен. Зачем он привязывает свои символы к образам? Зачем ищет ту геометрию, которая изоморфна пространству наших созерцаний? Почему он рабски следует видимому миру? Почему не хочет обличать вещи невидимые?

Н. Бердяев в книге «О рабстве и свободе человека» [24] говорит о многих видах человеческого рабства, в том числе и о «рабстве человека у мира», рабстве человеческого ума, соблазненного видимым миром. Мы уверовали, что реален только этот видимый мир, – очевидно потому, что это самая легкая, прагматическая, идолопоклонническая вера. «Поверив» в этот мир, мы стали «знать» его. «Мы видим и знаем то, – пишет Бердяев, – что полюбили и избрали, а то, от чего отпали, что отвергли, то перестаем видеть и знать. Лишь новым актом избрания... можно сделать невидимые вещи видимыми и узнать их» [25, с. 51]. Нашему разуму проще руководствоваться тем, что мы созерцаем, что нам дано в чувственных образах. Труднее уверовать в то, что не дано и невидимо. Поэтому разум выбирает ту геометрию, которую удобно сопоставить с пространством созерцаний. Пуанкаре выражает это следующим образом: разум выбирает конвенцию – соглашение о том, какой геометрией пользоваться.

Геометрия – не рабыня опыта и могла бы существовать без него; но полезной она будет только тогда, когда станет слушаться опыта. Опыт в этом смысле определяет конвенцию: он диктует разуму в его выборе геометрии. Разум, стремящийся приспособить геометрию для описания образов созерцаний, обрекает ее на жалкую роль.

Допустим, что принята система геометрических аксиом. Если предположить, что она полна, то про каждое из этих высказываний, сформулированных на языке этой геометрии, можно сказать, истинно оно или ложно. Пусть, например, принята, как конвенция, аксиоматика геометрии Евклида. Вопрос: верно ли, что сумма углов треугольника равна 180° ? Ответ: да. Но эта истинность определена соглашением, она не существует помимо нашей воли. Теорема истинна потому, что мы этого захотели. Пресловутое «доказательство» теоремы сводится лишь к проверке тождества двух определений, то есть к переводу предпосылок теоремы на язык принятых соглашений. И мы приходим к тому, что изложение всех теорем геометрии «есть не что иное, как замаскированный прием говорить, что А есть А» (Пуанкаре [8, с. 11]). Геометрия есть бесконечная тавтология, и, в сущности, она лишается статуса науки как синтетического знания.

Это есть та цена, которую геометрии приходится платить за то, чтобы быть полезной. Зато, может быть, физика вправе считать себя благополучной: ведь благодаря этой добровольной служанке она добивается соответствия своих истин с опытом. Нам остается убедиться, что это довольство физики собою также основано на иллюзии.

В отличие от чистого математика, опирающегося только на собственную мысль, в основе познания физика всегда лежит нечто внешнее, и это внешнее – вера, именно она делает физика реалистом. «Индукция, применяемая в физических науках, – говорит Пуанкаре [8, с. 19], – опирается на веру во всеобщий порядок Вселенной – порядок, который находится вне нас». Альберт Эйнштейн подтвердил это, сказав, что убежден в правильно-

сти своей общей теории относительности не потому, что она проверена наблюдениями, а потому что само ее создание основывалось на вере в гармонию Вселенной.

Физик, однако, ничего не имеет в своем опыте налично данного, кроме ощущений. От них до создания теории путем индукции – бездна. Индукция же в физике не аподиктична – она не удостоверяется разумом и принимается на веру. Оставаясь только со своим опытным физическим пространством, физик не мог бы построить теорию. Априорным элементом, на котором физик основывает теорию, является, как мы видели, используемое им геометрическое пространство. Но мы видели и другое – что этот выбор априорного элемента осуществляется не а priori, а под давлением фактов того же опыта. Для построения физической теории принимается конвенция, и диктует ее исключительно круг фактов, подлежащих описанию. В этом смысле опыт не только дает эмпирический материал для теории, но и определяет саму теорию.

Однако выбор конвенции означает ограничение, наложенное не только на геометрическое пространство, но и на сам возможный опыт: теперь в опыте не может появиться ничего такого, что противоречило бы принятой рациональной конвенции. По словам Н. Бердяева, если у Канта вообще «на живой опыт надет намордник» [25, с. 47], то и опыт эмпириков подозрительно рационализирован: «Эмпирики слишком хорошо знают, чего в опыте никогда не может быть дано... Но откуда такая уверенность, из опыта ли она почерпнута? Опыт сам по себе, опыт не конструированный рационально... не может дать гарантий, что не произойдет чудо, то есть то, что эмпирикам представляется выходящим за пределы их “опыта”... Ведь опыт, сам по себе взятый... не уполномочивал эмпириков говорить за себя. Вышло же, что не опыт повелевает эмпириками, а эмпирики повелевают опытом и ему навязывают свою рассудочность и ограниченность» [25, с. 46].

Конвенция определяла границы возможного опыта; этим самым определялся и критерий истинности физической теории: ее истинность – это согласованность со всей известной совокупностью допустимых конвенцией феноменов – фактов опыта (теории, исповедующие такое понимание истинности, называют феноменологическими). При таком понимании истинности физическая теория принимает вид тождества $A = A$. Физическая теория, имеющая предметом образы созерцаний, неизбежно превращается в тавтологию. Выбранная ею конвенция, диктующая разуму геометрию, делает геометрию своей служанкой и рабыней опыта.

Кантианская методология физики придавила опыт железной пятою разума, предала его заклятию – и этим делала всякую теорию тотально нефальсифицируемой. Конвенция в физике занимает по отношению к опыту противоположную позицию – она рабски ему подчиняется и этим тоже делает теорию нефальсифицируемой. Анри Пуанкаре, не избежавший позитивистского соблазна, все же сумел понять все пагубные последствия, к кото-

рым он приводит. Изгнание метафизики привело его к горестному признанию в том, что так создаваемая теория никогда не может быть опровергнута опытом: «Опыт дал возможность создать принципы механики, но он никогда не сможет их ниспровергнуть» [8, с. 89]. Это и будет потом названо нефальсифицируемостью теории.

Освобожденная геометрия. Если собственный предмет теории есть ненаблюдаемая сущность, то, следовательно, достоинство теории отнюдь не в том, что она оправдывается экспериментом. Хотим мы того или нет, но приходится констатировать: признаком хорошей, удовлетворительной физической теории является сейчас не то, что она хорошо согласуется с опытом, а то, что она не нуждается в опыте, максимально далеко уходит от опыта и в этом смысле является «сумасшедшей» (по характеристике Н. Бора). Трагедия ли это для теории или триумф?

С точки зрения неопозитивизма, а также возрождающихся материалистических воззрений, это, безусловно, есть трагедия, поскольку для них опыт есть единственное свидетельство об истине. Для них реальность есть только то, о чем свидетельствует опыт, но не будем упускать из виду, что вопрос о реальности – это вопрос метафизики. Упомянутые же воззрения, изгоняющие из своего лексикона самое слово «метафизика», изгоняют и всякое представление о реальности. Они лишены права о ней говорить, ибо для них «физический мир» – совокупность «фактов» – не связан с представлением о существовании, то есть о бытии. В вопросе о бытии решающее слово вообще не принадлежит фактам.

По вопросу о бытии можно обращаться только к метафизике, но до сих пор мы рассматривали только один тип метафизики, связанный с последней революцией в физике и проявившийся в проникновении в физику геометрических пространств. Проясняет ли эта метафизика бытие? Что такое для нее есть реальность? Это заставляет нас вновь вернуться к вопросу: что такое метафизика? Как она решает вопрос о бытии? Когда и как возникла метафизика?

ЛИТЕРАТУРА

1. Франс А. Соч.: В 8 т. – Т. 3. – М.: Художественная литература, 1958.
2. Соколик Г.А. Мир Белого Рыцаря // Знание – сила. – 1968. – № 6.
3. Соколик Г.А. История чудаковатого джентльмена (набросок творческого портрета Бертрана Рассела) // Природа. – 1971. – № 1.
4. Кант И. Критика чистого разума // Соч.: В 6 т. – Т. 3. – М.: Мысль, 1964.
5. Кант И. Метафизические начала естествознания // Соч.: В 6 т. – Т. 6. – М.: Мысль, 1966.
6. Соловьев В.С. Метафизика // Философский словарь Владимира Соловьева. – Ростов-на-Дону: Феникс, 1997.
7. Соловьев В.С. Теоретическая философия // Соч.: В 10 т. – Т. 9. – СПб, 1911.
8. Пуанкаре А. Наука и гипотеза // Пуанкаре А. О науке. – М.: Наука, 1983.

9. Успенский В.А. Теорема Геделя о неполноте. – М.: Наука, 1982.
10. Хайдеггер М. Что значит мыслить? // Разговор на проселочной дороге: Сборник. – М.: Выс. шк., 1991.
11. Мамардашвили М.К. Лекции по античной философии. – М.: Аграф, 1997.
12. Пенроуз Р. Путь к реальности, или законы, управляющие Вселенной. – М.–Ижевск, 2007.
13. Хайдеггер М. Что это такое – философия? // Вопросы философии. – 1993. – № 8.
14. Франк С. Непостижимое. – М.: Правда, 1990.
15. Степин В.С. Теоретическое знание. Структура, историческая эволюция. – М.: Прогресс-Традиция, 2003.
16. Захаров В.Д. Свобода в природном мире // Спонтанность и детерминизм. – М.: Наука, 2006.
17. Кун Т. Структура научной революции. – М.: Прогресс, 1977.
18. Лакатос И. Методология исследовательских программ. – М.: Ермак, 2003.
19. Эйнштейн А. Собрание научных трудов: Соч.: В 4 т. – Т. 4. – М.: Наука, 1967.
20. Аристотель. Метафизика // Соч.: В 4 т. – Т. 1. – М.: Мысль, 1981.
21. Поппер К. Открытое общество и его враги. – Т. 2. – М.: Международный фонд «Культурная инициатива», 1992.
22. Поппер К. Логика и рост научного знания. – М.: Прогресс, 1983.
23. Эйнштейн А. Геометрия и опыт // Соч.: В 4 т. – Т. 2. – М.: Наука, 1966.
24. Бердяев Н.А. О рабстве и свободе человека (опыт персоналистической философии). – Париж: YMCA-PRESS, 1939.
25. Бердяев Н.А. Философия свободы. – М.: Правда, 1989.
26. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. – М.: Наука, 1989.
27. Поппер К. Объективное знание. – М.: URSS, 2009.
28. Соколик Г.А. Симметрия в современной физике // Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии. – Киев: Наукова думка, 1965.

ТЕЗИСЫ О МЕТАФИЗИЧЕСКИХ НАЧАЛАХ НАТУРАЛЬНОЙ ФИЛОСОФИИ

С.В. Сипаров

*Санкт-Петербургский Государственный университет
гражданской авиации*

Искушенный читатель, конечно, без труда распознает намек на кальку с английского названия фундаментального труда И. Ньютона «Mathematical principles of natural philosophy». И это – именно калька, а не перевод. Сам Ньютон писал на латыни, а слова заголовка его книги имеют как латинские, так и греческие корни. Так что в точном смысле слов «Philosophiae Naturalis Principia Mathematica», использованных им, нетрудно обнаружить «любовь к мудрости природы», а уж затем, хоть это всего лишь соответствует грамматике, – «математические начала». Использование похожего заголовка в этой небольшой заметке вызвано желанием обратить внимание на частный, проходящий характер некоторых *математических принципов* в современной физике и физике вообще и основополагающий характер – *любви к мудрости природы*. Именно последнее, будучи освобождено от «наносов» теоретических и экспериментальных исследований, составляет смысл жизни и деятельности ученого, в чем легко убедиться, прочитав биографию любого из тех, кто оставил след в естественных науках. Математические же принципы, строго говоря, физике, природе не принадлежат, хотя «непостижимая эффективность математики в естествознании» была отмечена давно [1, с. 1] и проявляла себя неоднократно. Обсуждению некоторых *метафизических* принципов, имеющих отношение к физике, а также причин упомянутой эффективности в ней математики и посвящена данная статья.

Тезис 1. Говоря о физике, о законах природы на «общеобразовательном» уровне, обычно имеют в виду утверждения, которые могут быть выражены в виде математических формул, с помощью которых можно предсказать, какое число покажет заранее оговоренный инструмент, если совершить несколько манипуляций некоторыми также заранее оговоренными «инструментами». Уже это довольно наивное представление содержит вполне метафизические (выходящие за пределы собственно природы, зависящие от наблюдателя и его мировоззрения) посылки. В частности, они таковы. Из всего многообразия явлений, о которых мы знаем, догадываемся или не знаем, выбираются некоторые, которые и сопоставляются между собой. Обоснование такого выбора обычно базируется на их «значимости» – понятии, которое трудно измерить, тем более при условии, что мы знаем не все. Связи между такими значимыми параметрами стремятся установить не только с

помощью непосредственных наблюдений, но и с помощью рассуждений, которые базируются на правилах логики и используют тот или иной математический аппарат. И если уж даже логик сейчас известно несколько, то что говорить о правомерности использования того или иного математического аппарата, каждый из которых базируется на постулатах, то есть на непроверяемых утверждениях общего характера, тем более не имеющих прямого отношения собственно к физике. Наконец, мы привычно используем некоторые «числа» для характеристики того или иного явления, того или иного параметра. Но уже Пифагор был потрясен, когда обнаружил, что обычных чисел, сводящихся к пересчету «на пальцах» и действию деления, недостаточно, чтобы предсказать результат измерения диагонали квадрата. Сегодня же мы? уверенно и не задумываясь, пользуемся и иррациональными, и комплексными числами, а специалистам известны и другие числоподобные объекты и правила действия с ними. Их нет в природе, но, может быть, природа есть в них? – можем думать мы вслед за Пифагором.

Эти последние обстоятельства, а также и вопрос о реальности математических структур, объектов, понятий естественно и неизменно привлекают к себе внимание как философов, так и математиков и физиков. Например, один из ведущих физиков-теоретиков современности Р. Пенроуз [2] настаивает на реальности математического мира, и, в частности, Платон вряд ли стал бы с ним спорить по существу.

Да и собственно, о чем спорить? Пусть математический мир реален не в меньшей степени, чем обычный окружающий мир. Однако доказать их тождественность или даже эквивалентность, изоморфизм – вряд ли удастся. Подтверждение предсказаний «математической модели» наблюдениями доказательством не является, а наблюдение, опровергающее предсказание модели, опровергает лишь принятую модель. Учтем еще также и то, что само понятие «доказательство» даже в математике в настоящее время утратило подразумеваемую строгость в связи с появлением многостраничных построений и использованием компьютерных расчетов для доказательства математических теорем.

Рассуждая о так называемых вычислимых и невычислимых теориях и их отношении к работе сознания человека, Пенроуз обобщает идеи и построения Геделя и Тьюринга и подчеркивает [2]: «Тьюринг показал, что такой оракул, действующий исключительно вычислительными методами, создать невозможно, однако там ничего не говорится, что оракул невозможно построить физически. Чтобы прийти к такому выводу, мы должны твердо знать, что физические законы являются по своей природе вычислительными – а мы этого не знаем». И далее: «Все это не означает, что искомые физические законы в принципе должны непременно оказаться более общими, нежели те, которыми описываются машины с оракулом любого вычислимого уровня (или хотя бы первого). Нам нужно лишь отыскать нечто, не являющееся эквивалентом *любой* конкретной машины с оракулом (включая сюда и

машины с оракулом *нулевого* уровня, то есть собственно машины Тьюринга). Возможно, эти физические законы опишут нечто, просто-напросто *иное*. И мы вновь возвращаемся к вопросу об изоморфизме, сформулированному в предыдущем абзаце.

Тезис 2. Представим наши знания об окружающем мире в виде облака точек в многомерном пространстве, каждая из которых соответствует наблюдению. Такое распределение точек не будет однородным и изотропным по естественным причинам. Число измерений этого пространства (параметров) также будет зависеть от уровня знаний в данный исторический момент. Спроектировав облако на некоторую поверхность меньшего числа измерений, в частности на «плоскость», можно для его описания подобрать несколько аппроксимирующих функций (одного выбранного переменного). По причине неоднородности и неизотропности проекции облака эти функции могут быть не только близкими по характеру поведения, но и существенно отличными друг от друга в зависимости от того, какой участок распределения они приближают. Малое отклонение точек от аппроксимирующей функции в области большой их плотности можно считать погрешностью наблюдений, большое отклонение, особенно в случае малой плотности точек в этой области в целом, – промахами или недостаточно достоверными знаниями. Успешный поиск и нанесение точек-наблюдений в области, где их раньше не было, но функция прошла, будет соответствовать «непостижимой эффективности математики». Однако обольщаться на этот счет неразумно: такая эффективность – апостериорна, и число построений, которые сопровождаются наблюдениями, не приводящими к успеху, всегда будет больше тех, которые проявили себя. И в силу отсутствия естественных ограничений на размер области и на число измерений мы никогда не можем быть уверены, что достигнута «последняя истина». Успешное построение зачастую является результатом неформализуемого интуитивного прозрения, и можно доказать [2], что иначе и быть не может. При этом знаменитая теорема Геделя является лишь частным случаем.

Тезис 3. С точки зрения реальности математического мира (познаваемого с помощью разума) и его связи с физическим миром (для познания которого необходимы также и органы чувств и инструменты), любопытно взглянуть на такие фундаментальные обстоятельства, как возможность существования вечного двигателя, теорема Нётер о симметриях, корпускулярно-волновой дуализм и пр.

В частности, можно, как Ломоносов, просто утверждать, что ничего не исчезает и не появляется, а можно дать формальные определения таким понятиям, как сила, работа и энергия, и обнаружить постоянство полной энергии как следствие формальных математических построений. В используемых терминах энергия *никогда* не возникнет из ничего просто в связи с используемыми определениями и введенными соотношениями между ними, эти же термины успешно дополняют здравый смысл человека, способст-

вующий выживанию, однако являются ли они законами природы, строго говоря, неизвестно. В первом случае – здравый смысл и своеобразная индукция (и то и другое допускает сомнения), во втором случае – какие определения, такие и следствия. Однако и тут и там мы находимся за пределами собственно физики и сталкиваемся с препятствием в виде вопроса о существовании *позитивного знания*, подчеркнутого Махом.

Тем не менее *такая* метафизическая посылка оказывается весьма конструктивной. В частности, законы сохранения, приложенные к теории частиц, позволяют интерпретировать случаи их (законов) нарушения как появление новых частиц с определенными свойствами (классический пример – нейтрино), то есть развивать теорию, допускающую экспериментальную проверку при соответствующей интерпретации. Теорема Нётер о соответствии симметрий (групповых операций) законам сохранения носит тот же характер – используемый (алгебраический) формализм подразумевает выполнение некоторых свойств, которым можно придать физический смысл и проверить измерением. В какой-то момент формальные или произвольные – математические или философские – представления становятся столь тесно связанными с физическими, что сплошь и рядом одно используется вместо другого, равноправно с другим. О квантовой механике известно изречение «Если вы и вправду верите в квантовую механику, значит, всерьез вы ее не принимаете». И это прекрасно коррелирует с Фейнмановским «Понять – значит привыкнуть и научиться использовать». То есть на какое-то другое «понимание» того, что успешно работает, можно в определенном смысле махнуть рукой, закрыть глаза. Этот плавный переход от формальных, языковых, семантических структур к структурам физическим, воспринимаемым с помощью органов чувств, измеряемым происходит в настоящее время так незаметно, ненавязчиво, привычно, что, о чем идет речь в каждом конкретном случае, становится трудно понять. Мы видим и измеряем то, что выдумываем в связи с ним. Любое утверждение, не противоречащее используемому формализму, становится «физическим». Но возможно ли в принципе отделение «физики» от «метафизики»? Например, в монографии Р. Пименова [3] формулируется следующая фундаментальная проблема: считать ли «одновременность» понятием каузальной структуры, или считать ее понятием структуры лагранжиана?

Тезис 4. Предыдущие тезисы означают следующее. Даже признавая реальность математического мира (не говоря уже о простой возможности использования порождаемых сознанием структур для моделирования), невозможно доказать, что имеет место изоморфизм между явлениями в реальном и математическом мирах. Продолжая рассмотрение, мы можем усилить это утверждение, заметив, что невозможно судить и о степени близости модели и реального явления в абсолютном смысле (то есть не имея в виду предпочтение одной модели другой). Более того, оказывается, что отдельное существование и восприятие *реального мира* и его *модели*, построенной в созна-

нии, вряд ли возможно, они исходно взаимосвязаны, поскольку абсолютный язык наблюдений отсутствует. Таким образом, рассуждая об адекватности (применимости, истинности) теории, мы всегда обсуждаем некоторое «пересечение множеств»: с одной стороны, это реальный мир и отражающее его сознание, а с другой стороны, это его модель, построенная сознанием с учетом имеющихся знаний о мире математическом – порознь реальный мир и его модель «не наблюдаемы». И это – одна из причин эффективности математики в физике. Осознание этого обстоятельства предоставляет интересную возможность: манипулируя той частью «пересечения», которая доступна для таких манипуляций, то есть эффективной математической теорией явлений, мы можем целенаправленно пытаться подобрать такую теорию, непроверенная часть предсказаний которой соответствовала бы *желательным* свойствам мира. Тогда шансы на обнаружение этих свойств при экспериментальном поиске существенно возрастают.

Иногда роль сознания, порождающего законы для модели и проецирующего их на окружающий мир, осознается ясно, как, например, в квантовой механике, когда наблюдатель не может считаться пассивным: он, его сознание, его способ наблюдения, который, как заметил Дж. Уилер [4], является «выбором вопроса» на основе принятой модели, принимают равноправное участие в создании реальности. Однако можно и формально показать [5], что не только квантовая механика или теория относительности имеют конвенциональный характер, но также и классическая механика. В работе [6] был предложен алгоритм создания такой теории, описывающей физический мир с наперед заданными проверяемыми свойствами, базирующейся на (пока еще) метафизической идее о наличии у мира случайностных свойств. Смысл такого постулата тот же, что имеется в виду, когда говорят, например, об однородности пространства-времени. Теперь Вселенная предпологается «мерцающей» и привычные понятия – пространство и время – имеют подчеркнуто искусственный характер. («Мерцающая» Вселенная – не такая уж странная идея, если учесть обстоятельства, связанные с различием восприятия пространства и времени сознанием наблюдателя, – мы никогда не говорим о течении пространства, но течение времени является довольно привычным интуитивным образом. А основополагающее в физических теориях понятие причинности начинает расплываться, когда промежутки времени между событиями уменьшаются и достигают квантовых масштабов.) В таком мире активная роль наблюдателя выдвигается на передний план. Из хаоса сенсорных сигналов выбирается произвольная картина, а затем она делается наблюдаемой для другого наблюдателя путем выбора экспериментов и использования непротиворечивого языка. При этом отсутствие парадоксов в структуре такого мира есть результат взаимодействия сознаний с помощью логически непротиворечивого (с их точки зрения) языка. Здесь то, что у Платона было первичным, становится вторичным, «идея» *строится* на основе индивидуальных «мнений», являющихся проявлением свободной во-

ли субъекта, и предлагается алгоритм для построения формальной процедуры, объединяющей эти мнения в непротиворечивое целое. Основным законом такой мерцающей Вселенной является та самая изменчивость, о которой Дж. Уилер писал в [7].

Тезис 5. К другой группе метафизических посылок принадлежат целенаправленные попытки начать построение теории с конструкций, предшествующих появлению таких основополагающих интуитивных понятий, как пространство и время. Эта группа проявляется, например, в так называемом реляционном подходе [8], где такая цель заявляется непосредственно. Другой попыткой подобного рода является подход Л. Кауфмана [9]. В этой работе строится абстрактная алгебра Ли, в которой сначала вводится некоторая новая операция – дискретное дифференцирование, что немедленно приводит к расширению класса используемых функций. Затем выполняется переход к коммутаторам и введение операторов сдвига – элементов алгебры, сопряженных к исходным элементам, что связано со стремлением обеспечить выполнение правила Лейбница. Работая в «математическом мире», мы можем наложить определенные ограничения на коммутационные свойства переменных (и соответствующих им операторов сдвига) и получить алгебраические структуры, в которых легко угадываются уравнения теоретической физики, например, канонические уравнения Гамильтона. Далее в тех же терминах может быть формально введен оператор кривизны, определяющий для двух данных элементов и степень «некоммутативности» соответствующих им операторов сдвига по отношению к «некоммутативности» самих элементов. Далее можно построить коммутатор, который может быть довольно естественно соотнесен с метрическим тензором, и с его помощью построена связность Леви-Чивиты. Она возникает в [9] исключительно из исчисления коммутаторов и тождества Якоби и не имеет никакой изначальной связи с геометрией. Схожим формальным образом получаются соотношения, совпадающие по виду с уравнениями диффузии, Шредингера, Максвелла и др. [10]. Таким образом, структура некоторых основополагающих уравнений теоретической физики, в частности уравнений Гамильтона, не связана ни с предварительным выбором геометрии, используемой при моделировании пространства-времени, ни даже с ним самим.

Тезис 6. Пожалуй, метафизический оттенок имеют и следующие – более технические соображения, одно из которых относится к возможности использования одной из самых привычных и распространенных математических структур (дифференциальных уравнений), а другое – касается обстоятельств, связанных с измерениями в физике.

Так, в работе [11] Р. Пименов указывает, что использование дифференциальных уравнений в физике было с самого начала сопряжено с идеей существования устойчивых законов природы, пользуясь знанием которых можно было бы однозначно (детерминировано) предсказывать будущее. Но впоследствии оказалось, что не дифференцируемые и даже нигде не диффе-

ренцируемые кривые, о которых математики знали со второй половины XIX в., могут описывать и функции, которые встречаются в природе [12]. А все примеры, которые приводятся в философских статьях, учебниках или словарях для иллюстрации *непрерывности*, на самом деле суть примеры *гладкости*. И фактически для оправдания как возможности использования дифференциальных уравнений, так и парадигмы детерминированности использовался неявный постулат о выделенном характере гладких движений. Вывод, сделанный в [11], таков: поскольку недифференцируемые структуры важны в феноменологическом описании физической реальности, а общая теория относительности (и базирующаяся на ней космология) совместима только с хорошо дифференцируемыми структурами, надлежит построить такой аналог общей теории относительности, который был бы свободен от гипотезы дифференцируемости, то есть от использования дифференциальных уравнений. Довольно естественно при этом требовать соблюдения принципа перманентности: классическая ОТО должна не отбрасываться, но входить в новую теорию как частный случай. Получается, что при использовании в рассмотрении непрерывных, но не гладких структур парадигма дифференциальных уравнений теряет силу, тем не менее, парадигма интегральных уравнений остается неизменной.

В [13] был исследован вопрос о проведении «невозмущающих» измерений. Оказалось, что, измеряя произведение координаты частицы с массой, скажем, в одну Планковскую единицу массы на ее импульс, мы всегда будем получать специфическую погрешность (неопределенность), обусловленную волей наблюдателя, выбирающего очередность выполняемых измерений. При этом если приборы, которыми он располагает, не воздействуют на эту частицу и имеют погрешность в определении координаты в одну Планковскую единицу длины и погрешность в определении времени в одну Планковскую единицу времени, то величина этой специфической погрешности будет пропорциональна постоянной Планка. Конечно, частицу с массой, равной одной Планковской единице массы, нельзя считать микрочастицей, да и точность измерений длины и времени превосходит все известные достижения. Тем не менее результат представляется любопытным, поскольку иллюстрирует вероятностный характер измерений (не только в квантовой механике) с неожиданной стороны. Роль наблюдателя, о которой велось столько споров основателями квантовой механики и их последователями, представлена явным образом.

Подводя некоторые предварительные итоги, можно отметить следующее. Совокупность приведенных выше соображений может обескураживать. Действительно: изоморфизма между явлениями в реальном и математическом мирах нет; судить о степени близости модели и реального явления в абсолютном смысле невозможно; явления в реальном мире и в его математической модели не существуют порознь; возможны и уже имеются теории, базирующиеся на доинтуитивных формальных понятиях, выбор которых в

известной мере произволен; основной математический аппарат, применяемый в физике, может оказаться принципиально недостаточным; в измерениях присутствует не исключаемая погрешность, обусловленная свободной волей наблюдателя... Таким образом, стремление к поиску истины в науке, столетиями бывшее опорой и оправданием деятельности ученых, лишается привычного смысла, а принципиальные споры о выборе парадигмы имеют все шансы превратиться в борьбу интересов и предпочтений.

Все это надо признать и осознать. Теоретическая физика, возникшая в начале XX в. (конечно, нельзя не упомянуть Ньютона и Максвелла, но не будем касаться здесь классического периода) как симбиоз физики и математики, должна осознать самое себя. Блестящие и так далеко идущие идеи Эйнштейна, Бора, Шредингера, Гейзенберга возникали не из капризов их остроумных авторов, не из желания что-то улучшить и углубить, не из стремления немедленно постичь суть вещей по собственному произволу, имеющему в основе гордыню или даже веру, они были ответами на вызовы, предъявленные научным познанием, в первую очередь – экспериментальным, а также логическими шагами, вытекающими из этих ответов. И именно поэтому они допускали развитие, не задерживались на мелочах и частностях, их «безумие» было мощным, цельным, захватывающим и – оправданным, а на вопросы «почему так?» они имели ответы в виде объяснений и проверяемых предсказаний. Все это делало их теории своеобразными живыми объектами, эволюционирующими и участвующими в борьбе за существование, обладающими красотой, внятной тем, кто знакомился с ними ближе. Это все и приводило к возникновению любви к мудрости природы.

Рассматривая возможные взаимоотношения трех миров – реального физического мира, его отражения в сознании наблюдателя, формируемого ощущениями (и измерениями), и математического мира, – можно выстраивать их по-разному (см., например, [2]), и эта *онтологическая* проблема всегда интересовала и интересует философов (а в физике иногда проявляет себя как очередная вспышка интереса к антропному принципу). Однако задача естественной науки – в первую очередь *гносеологическая*, познавательная. Мы не имеем априорного знания об истинном устройстве мира, поэтому продвижение в его познании напоминает естественный отбор: та «мутация» сохраняется, которая доставляет «организму» преимущества при выживании, лишает его недостатков или предоставляет новые возможности. Да, объект познания устроен сложно, «нелинейно» и с «самодействием» – именно поэтому в основе любого продвижения лежат идеи метафизические. Следует ли продвигаться исключительно методом проб и ошибок, полагаться только на интуицию в надежде на случайный успех или следует уделять внимание целенаправленной модификации теории, удаляя имеющиеся недостатки и точно так же открывая по дороге непредвиденные новые возможности столь же непредвиденным образом? Представляется, что для науки в целом ответ очевиден, хотя отдельные ее представители могут действо-

вать сообразно со своими наклонностями [14]. В случае, когда к естественному процессу подключается сознание, можно вспомнить слова известного психолога С.Л. Рубинштейна о том, что «невозможно усовершенствоваться, занимаясь самоусовершенствованием, но можно усовершенствоваться, усовершенствуя в себе что-либо».

Поэтому, рассматривая метафизические *предпосылки*, которые могли бы служить опорой при дальнейшем развитии теории (той самой натуральной философии), следовало бы озаботиться не стремлением предьявить суть, последнюю фундаментальную истину, никак не связанную с человеческим опытом, чуждую интуиции или здравому смыслу, а идею, которая могла бы вдохнуть жизнь в дальнейшие построения. Безусловно, доинтуитивные представления или абстрактные математические конструкции вполне могут присутствовать в теории, но *начинать* с них неверно. Как известно из истории науки, такой «утопический» способ действий не раз создавал иллюзию понимания мироустройства на основе восхищения красотой абстрактных объектов, но все радикальные продвижения происходили именно на фоне отказа от очередной иллюзии. «Мутация», которая должна вот-вот произойти в теоретической физике (и в мировоззрении) – ее время подошло, – должна быть не вычурной, а жизнеутверждающей, сметающей сомнения и фальшивые идеи.

Последующие тезисы содержат материал, более подробно изложенный в книге [15], где он используется для построения основ некоторой новой теории (так называемой анизотропной геометродинамики, АГД). Причина ее построения – противоречия, возникшие между предсказаниями классической ОТО и наблюдениями на космологических масштабах, выполненными в последние десятилетия. Существующие попытки их устранения сводятся к введению в теорию поправок на предполагаемое существование понятий и объектов, общий вклад которых в массу (энергию) Вселенной составляет 96%. В то же время на долю известных и наблюдаемых различными способами понятий и объектов, для описания которых, собственно, и была построена ОТО, остается лишь 4%. Эта ситуация указывает на возможные недостатки в фундаменте существующей теории, проявляющиеся на космологических масштабах, то есть на необходимость модификации ее метафизических основ. В рамках АГД такая модификация позволяет устранить некоторые противоречия на основе новой интерпретации известных наблюдений, а также скорректировать известную космологическую картину.

Тезис 7. Рассмотрим некоторые метафизические принципы, фундаментальные для современной физики. Первый из них – это, конечно, принцип относительности. Галилей сформулировал его в 1632 г., то есть задолго до появления уравнений динамики Ньютона. В нем не шла речь об уравнениях, но утверждалось, что «для предметов, захваченных равномерным движением, это последнее как бы не существует и проявляет свое действие только на вещах, не принимающих в нем участия», иными словами, все законы меха-

ники должны оставаться неизменными вне зависимости от того, движется тело равномерно и прямолинейно или покоится. Для Галилея это требование носило философский, рациональный характер (сейчас мы иногда называем это физическим смыслом, а в этой статье – метафизическим принципом) и основывалось на интуитивных представлениях о пространстве и времени. Любопытно отметить, что оно содержало в себе идею абсолютного наблюдателя (Бога), поскольку подразумевалось, что наблюдатель *в состоянии судить* не только о той системе, которую он наблюдает в движении или покое, но также и о собственном состоянии движения, при этом никакой дополнительной системы отсчета не привлекается. И это обстоятельство проникло и в современные теории, которые, хотя как бы и предполагают, что абсолютного наблюдателя, абсолютной системы отсчета не существует, но при этом свободно рассуждают о кривизне и других свойствах *пустого* пространства-времени и других объектах математического мира в непосредственном применении к миру физическому.

При переходе от механики к электродинамике Эйнштейн обобщил принцип относительности на все наблюдаемые феномены с учетом конечности и постоянства скорости света. Это привело к построению сначала СТО, а затем и ОТО. Их основой стали преобразования Лоренца и так называемая Лоренц-инвариантность, нарушениям которой придаются специфические смысл и значение. Но в свете предыдущего абзаца кажется более естественным попытаться обобщить преобразования Лоренца таким образом, чтобы исключить абсолютные понятия, в первую очередь именно знание о состоянии движения наблюдателя, и основываться только на его возможностях наблюдений, которые можно выполнить непосредственно (см., напр., [16]). Можно убедиться [15], что в этом случае наряду с фундаментальным параметром, имеющим размерность скорости, потребуется ввести также и фундаментальный параметр, имеющий размерность длины. В этом случае уже именно обычная Лоренц-инвариантность приобретет исключительный характер и будет соответствовать некоторому частному случаю.

Можно сказать, что следовало бы начинать построение теории не с рассмотрения равномерного прямолинейного движения, не обобщать затем СТО на случай ускоренных движений (и гравитации), приходя таким образом к ОТО, но действовать наоборот. А именно, сначала построить общую теорию, а затем рассмотреть ее частный случай и условия его реализации. Конечно, во времена Эйнштейна такой подход был бы преждевременным и неоправданным, но теперь для этой идеи есть основания. Таким образом, принцип относительности, возможно, нуждается в переосмыслении.

Тезис 8. В свете сказанного выше, можно прийти к выводу, что более общим утверждением, чем принцип относительности, является принцип эквивалентности. Действительно, смысл принципа эквивалентности состоит в том, что не существует возможности экспериментально различить локальные явления в неинерциальной системе отсчета и в гравитационном поле.

Но как различить инерциальные и неинерциальные системы отсчета, выполняя измерения на галактическом масштабе? Что будет означать сама локальность в этом случае? Каким будет критерий инерциальности системы отсчета? Очевидно, что в последнем случае это не равномерное прямолинейное движение, поскольку в соответствии со смыслом ОТО, его невозможно обнаружить непосредственным измерением (и можно лишь предполагать при математических рассуждениях). Движение, в том числе движение света, происходит по геодезическим, и для наблюдателя, движущегося по геодезической, его собственное движение будет инерциальным. Но форма геодезической определяется присутствием и интенсивностью источников гравитации, искривляющих пространство-время.

Таким образом, принцип эквивалентности доминирует, и если он принимается, то принцип относительности в классическом виде будет соответствовать частному случаю отсутствия источников или, точнее говоря, приближенной ситуации вдали от них, где инерциальное движение мало отличается от равномерного прямолинейного. Но насколько вдали? Есть ли характерное значение удаления, за пределами которого следует требовать от теории обычной Лоренц-инвариантности? И что же тогда требовать от теории внутри области с соответствующим радиусом? И мы возвращаемся к предыдущему тезису о необходимости обобщения преобразований Лоренца (и соответственно, преобразований Пуанкаре). Математический инструментарий уже имеется, и группой преобразований, которую можно использовать в обсуждаемой ситуации, является группа Де Ситтера, дающая группу Пуанкаре при сжатии (контракции). Она же является и наиболее общей кинематикой [17]. Теперь *эту* математическую конструкцию следует прилагать к описанию физического мира, если продолжать интерпретацию наблюдений в духе теории относительности, хотя следовать ее классической «букве» не обязательно.

Но это не все. Силы инерции могут непосредственно зависеть от вектора скорости частицы (например, сила Кориолиса). Но неинерциальные системы отсчета заставляют вспомнить о не исключаемой гравитации. И никакие разговоры про получающуюся впоследствии зависимость гравитационного потенциала от скорости хоть в уравнениях классической ОТО, хоть в таких подходах, как гравитoeлектромагнетизм, не объясняют, почему гравитационная сила, неотличимая от силы инерции в силу принципа эквивалентности, не считается зависящей от скорости изначально. Эта дополнительная часть *метафизического* принципа (эквивалентности) практически не подвергается проверке, хотя сам он, начиная с опытов Этвеша и до наших дней, проверяется со все большей точностью. Между тем такая зависимость, учтенная с самого начала, существенно изменила бы многие представления о базовых моделях используемой теории. Гравитационный потенциал должен стать анизотропным, что означает не глобальную анизотропию Вселенной, а учет движения источников. Тогда метрический тензор – тоже будет анизо-

тропным, и тогда геометрии Римана (и пространства Римана) оказывается недостаточно для моделирования физической реальности, уравнение геодезической становится другим и т. д. При этом классическая ОТО сохранит все свои достижения и результаты, когда зависимостью от скоростей источников гравитации можно пренебречь. И как раз на галактических масштабах этого, вероятно, сделать нельзя – так же как в сплошной среде, наблюдаемую динамику которой определяют не только межмолекулярные взаимодействия, но и конвекция, и вихри.

Возвращаясь к вопросу о локальности, мы видим, что в случае сил инерции, например, во вращающейся системе отсчета, было бы необходимо отдельно оговаривать переход к бесконечному расстоянию от оси вращения (указывать на неприменимость рассуждений *там*), что лишает теорию самосогласованности. Однако при использовании расширенного принципа эквивалентности при построении формализма АГД никаких отдельных оговорок не потребовалось. При этом играет роль существование новой фундаментальной константы с размерностью длины. На первый взгляд использование анизотропного пространства для моделирования физической реальности приводит к существенному усложнению теории. Однако такая ситуация уже встречалась в 1908 г., когда Минковский предложил использовать 4-мерное пространство с неевклидовой метрикой для моделирования *пространства-времени*. Это предложение было также встречено с недоверием, а Пуанкаре, рассматривавший такую возможность четырем годами ранее, отменил ее как неоправданное усложнение. Однако за предложением Минковского стояли результаты Эйнштейна по интерпретации опыта Майкельсона–Морли, позволившие обойтись без ненаблюдаемого эфира. В настоящее время предложение использовать анизотропное пространство позволяет обойтись без использования понятия темной материи при интерпретации наблюдений на галактическом масштабе.

Таким образом, метафизические послышки модифицированной теории представляют собой:

- использование принципа эквивалентности во всей полноте;
- использование 8-мерного анизотропного пространства, наделенного обобщенной геометрией Лагранжа для моделирования фазового пространства-времени (оно аналогично привычному 6-мерному фазовому пространству общей физики);
- утверждение, что единственным источником кривизны является распределение движущихся масс;
- понимание принципа относительности как следствия принципа эквивалентности, то есть инерциальным является движение вдоль геодезических (если влиянием источников гравитации можно пренебречь, то принцип относительности принимает известный смысл Галилея–Эйнштейна);
- необходимость существования и учета фундаментальной длины как одного из основных параметров теории;
- использование соответствующей группы преобразований координат.

Тезис 9. Наконец, еще одним замечательным метафизическим принципом является принцип наименьшего действия или вариационный принцип. Не останавливаясь на обсуждении причин его определяющей роли при построении фундаментальной научной теории, что, вообще говоря, также представляет интерес, обратим внимание лишь на обстоятельства, обсуждаемые в этой статье. А именно – на соотношение математического аспекта этого принципа с его физическим аспектом при его использовании для описания явлений различных масштабов, в частности, космологических. В последнем случае обычный вариационный принцип также необходимо модифицировать.

Вариационная задача, используемая для приложений в физике, то есть для получения уравнений движения (уравнений Эйлера–Лагранжа), представляет собой задачу с фиксированными концами, для которой ищется функция, доставляющая экстремум функционалу (действия). «Фиксированные концы» в физических приложениях означают, что сначала готовится система в состоянии с заданными параметрами, затем она эволюционирует, и наконец, измеряются те же параметры в конечном состоянии. И вопрос ставится о характере эволюции, позволяющей перейти из начального состояния в конечное. Применимость решения математической задачи к решению физических проблем может быть проверена в лабораторной практике, и можно убедиться в эффективности этого подхода.

Однако в космологии ситуация принципиально иная. У нас нет возможности приготовить систему в исходном состоянии, мы можем только измерить некоторые параметры в конечном состоянии. Более того, вопрос о начальном состоянии является одной из составляющих проблемы, то есть фактически должна решаться обратная задача в условиях, когда решение прямой – неизвестно. Какое решение прямой задачи выбрать для решения обратной? И решение *какой* задачи – физической или математической – для этого следует использовать? Вплоть до момента, когда после появления основополагающей работы Эйнштейна [18] прошло более десяти лет, наблюдения заставляли думать, что Вселенная стационарна (то есть начальное и конечное состояния одинаковы), решение Фридмана было (неохотно) сочтено Эйнштейном верным лишь формально, математически. Красное смещение излучения галактик (существование которых было только что признано), обнаруженное Хабблом, было проинтерпретировано им самим в первую очередь в духе стационарной модели (де Ситтера) и лишь во вторую очередь допускало влияние эффекта Доплера. Однако внимание было привлечено именно к красивому (и психологически более приемлемому) результату, связанному с расширением Вселенной, и как следствие – к теологически поддержанной идее Большого Взрыва. Это событие, которое является в полной мере метафизическим, явилось новым решением обратной задачи о начальных условиях в космологической проблеме. На основе этой гипотезы Гамов предсказал существование реликтового излучения, и оно было обна-

ружено.

Однако не стоит забывать о происхождении этого результата. Если в вариационной задаче фиксирована только конечная точка, то для решения прямой задачи, то есть для отыскания функции, доставляющей экстремум функционалу действия, требуется *сначала* наложить некоторые дополнительные условия. Поэтому, строго говоря, то обстоятельство, что уравнения гравитационного поля были все-таки получены (Гильбертом) с помощью вариационного принципа (для задачи с фиксированными концами!), не делает их обоснование для космологии или даже для задач галактических масштабов столь же веским, как для планетной системы, которая может быть изучена наравне с другими физическими системами. Возможно, именно это имел в виду В.А. Фок [19], когда предупреждал о проблемах, стоящих на пути приложения ОТО к космологии. Трудно предположить, что от них надо отказаться, но то, что они могут быть модифицированы, вполне вероятно.

Указанный произвол, не осознанный при постановке задачи, мог привести к результатам столь же произвольным, а целенаправленный поиск последних в наблюдениях – получить подкрепление при соответствующей интерпретации. Собственно, таковой является и самая обычная практика в фундаментальных задачах, например, упоминавшиеся выше предсказания новых частиц на основании законов сохранения. Исследуя *метафизические* основы «натуральной философии» в космологических задачах, необходимо иметь в виду также и обстоятельства, связанные с вариационным принципом.

Заключение. Любовь к мудрости природы состоит в том, что «человек познающий» должен признать, что последняя истина, абсолютное знание – недостижимы. Противоположная точка зрения явилась бы утопией, своеобразным естественнонаучным аналогом некоторых общественных утопий, и предположение о ее достижимости в случае реализации поставило бы крест на самом существовании науки, превратило бы ее в чисто инженерную деятельность. Именно надежда на отсутствие «последней истины» придает смысл научным исследованиям. Мы расширяем свои знания о мире, строим свои догадки насчет его устройства, проверяем их, но никогда не можем быть уверены в том, что идем единственно верной дорогой. Способность исследовать (или создавать) – математический – мир, основанный на тех или иных избранных нами постулатах, должна стать не единственной опорой (гордыни), но возможностью исследовать также и объект, имеющий собственные внутренние законы, в том числе и для того, чтобы сопоставить его с другим объектом, также имеющим собственные внутренние законы. Изучая природу, мы можем только продвигаться, находить те или иные возможные пути, двигаться по ним, возвращаться, начинать сначала и не переставать удивляться и восхищаться тем, как все устроено в этой нашей Вселенной. Думать, что в математических конструкциях мы найдем *ее* суть и опору – самонадеянно. Последние три тезиса представляют собой пример очередных возможных шагов на пути познания окружающего мира. Они позволяют

расширить наши представления о нем, обойтись без некоторых искусственных понятий и конструкций, но не претендуют на установление конечной истины. Новые наблюдения приведут к новым метафизическим посылкам и к новой модификации теории. Если считать, как уже предлагалось выше, что естественнонаучная теория до некоторой степени подобна природе, например, обладает свойствами живого – рождается и умирает, продолжает себя в «потомстве», участвует в «обмене с окружающей средой» и в «борьбе за существование», то замечание о красоте как о признаке «истинности» теории может быть прокомментировано следующими строчками:

Красота живого брэнна,
Только мертвое нетленно...

ЛИТЕРАТУРА

1. *Wigner E.P.* The unreasonable effectiveness of mathematics // *Commun. Pure Appl. Math.* 3. – 1960.
2. *Пенроуз Р.* Тени разума. – М.: Институт компьютерных исследований, 2005.
3. *Пименов Р.И.* Анизотропное финслерово обобщение теории относительности как структуры порядка. – Сыктывкар, 1987.
4. *Wheeler J.A.* World as a system self-synthesized by quantum networking // *IBM J. Res. Develop.* 32, – 1988. – № 1.
5. *Siparov S.* Conventional Character of Physical Theories // *Proc. Conf. PIRT-94, Suppl. Papers.* – Lnd, 1994. – P. 80
6. *Siparov S.* The Physical World as a Function of the Observer's Consciousness // *SSTh* 5. – 1997. – P. 193.
7. *Уилер Дж. А.* Квант и Вселенная // *Астрофизика, кванты и теория относительности.* – М.: Мир, 1982.
8. *Владимиров Ю.С.* Метафизика. – М.: БИНОМ, Лаборатория базовых знаний, 2009.
9. *Kauffman L.* The Non-Commutative Worlds // *arXiv: quant-ph/0403012.* – V. 3.
10. *Сипаров С.В.* Канонические уравнения Гамильтона и метрика Бервальда-Моора. *ГЧГФ* 4. – 2005. – С. 51.
11. *Пименов Р.И.* Дифференциальные уравнения – насколько они оправданы. URL: http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/pimenov_diffury/pimenov_diffury.htm
12. *Mandelbrot B.B.* The Fractal Geometry of Nature. W.H. Freeman. – 1983.
13. *Сипаров С.В.* О формализме физических теорий // *Proc. Conf. PIRT-05.* – М., 2005. – С. 63
14. *Сипаров С.В.* Этика естественнонаучного познания // *РНОЦ «Логос»* 6. – Ярославль, 2011. – С. 201.
15. *Siparov S.* Introduction to the Anisotropic Geometroynamics. – World Scientific, New Jersey – London – Singapore, 2011.
16. *Kerner E.H.* *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 73, 1418. – 1976.
17. *Vacry H., Levy-Leblond J.-M.* Possible Kinematics // *J. Math. Phys.* – 1968. – № 9. – P. 1605.
18. *Einstein A.* // *Ann. d. Phys.* – 1916. – № 49. – P. 769.
19. *Фок В.А.* // *ЖЭТФ.* – 1939. – № 9 (4). – С. 375.

ПОЗНАНИЕ, ВЕРА, НАУКА

Н.В. Мицкевич

Российский университет дружбы народов

В 1754 г. знаменитый французский математик, автор новой главы классической механики и теории распространения волн, а также и философ, Жан ле Ронд Даламбер* выдвинул, с тактичной осторожностью, идею добавить к трем измерениям пространства четвертое измерение, соответствующее времени (до тех пор время не считалось координатой, а всего лишь параметром; например, Ньютон, рассуждая об абсолютности как пространства, так и времени, первым записал преобразование, известное нам как преобразование Галилея, не включая тождественного преобразования времени $t' = t$, что теперь делаем мы, подчеркивая тем самым смысловую однородность всех четырех координат).

Предлагая рассматривать время как четвертое измерение физического мира, Даламбер писал в своей статье о размерности в первой в истории человечества энциклопедии (он издавал эту знаменитую Французскую Энциклопедию вместе с Дени Дидро): «...эта манера рассматривать величины, имеющие более трех измерений, столь же корректна как и другая, так как всегда можно рассматривать буквы в алгебре как представление чисел, будь они рациональные или нет. Я писал выше, что невозможно ощущать более трех измерений. Тем не менее один знакомый мне господин** полагает, что можно рассматривать длительность как четвертую размерность и что умножение времени на объем дает четырехмерное выражение. Эта идея может быть предметом критики, хотя, по-моему, она достойна внимания и не лишена новизны». Еще раньше Даламбер предложил свое волновое уравнение:

$$\left(\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} - \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\partial^2}{\partial y^2} - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \Phi(t, x, y, z) = 0,$$

где c есть скорость распространения волны.

Знаки, поставленные перед слагаемыми, в дальнейшем стали чрезвычайно важны для определения сигнатуры метрики, которую называют мет-

* В младенчестве Даламбер был подкидышем на паперти парижской церкви, носившей имя святого Жана ле Ронд, и церковь взяла на себя его воспитание. Ребенок был чрезвычайно талантлив и стал уже в возрасте двадцати с небольшим лет исполнительным секретарем Французской академии наук.

** Он, конечно, имел в виду самого себя.

рикой Минковского $ds^2 = c^2 dt^2 - dl^2$, когда используются ортонормированные (декартовы) координаты и естественная система единиц, в которой $c = 1$.

Отметим теперь, как понимать линии и оси координат. Последние суть* те линии координат, которые проходят через их начало, а определение самих линий координат гласит: вдоль своей линии изменяется лишь та координата, которой принадлежит эта линия, значения же остальных координат фиксированы. Отсюда, в частности, следует, что на осях координат, обозначенных выше как «остальные», эти остальные координаты во всех точках таких осей равны нулю.

Отсюда легко перейти к достаточно общим преобразованиям координат и найти связи этих преобразований с изменением ориентации осей всех координат, устанавливая углы между старыми и новыми осями, а также углы между новыми осями различных новых координат, нарушения ортогональности этих осей (включая все детали проблемы ортонормальности и методы должного корректирования этих осей). Ясно, что Даламбер находился уже «в нескольких шагах» от открытия специальной теории относительности...

Познание. Наше познание окружающего мира, как физического, так и социального, осуществляется по многим каналам, доставляющим к нам разнообразную информацию, кристаллизирующуюся в нашем сознании прежде всего как наши жизненные навыки и как фундамент логического мышления, отсюда следует наша способность оценивать собственное поведение и выбор путей взаимодействия с окружающим миром. Так возникают в нашем сознании гносеологические идеи и принципы, такие, как «физические законы должны обладать математической красотой», чем и руководствовался великий физик П.А.М. Дирак. В I в. христианской веры возникли, начиная с Греции, основанные на подобных принципах гностические течения в философии и религии. В высшей степени интересен ряд коптских папирусных рукописей, случайно найденных в Египте в 1978 г. [4; 7]. Одна из этих рукописей содержала Евангелие от Иуды Искариота. Если в состав Нового Завета было включено уже ранней церковной бюрократией лишь четыре Евангелия (хотя апостолов было значительно больше), это открытие документа I в. христианства произвело эффект взрыва или землетрясения, тем более что в логическую канву истории Христа и искупления первородных грехов человечества естественно легли идеи о том, что брэнное тело Христа было лишь «одеждой» для снизошедшего в него при крещении божественного духа (посланного верховным Великим Невидимым Духом, не имеющим имени), и Распятие Христово было условием возвращения Духа в высший небесный эон, почему Христос неоднократно напоминал Иуде, что тот обязан выдать

* Напомним, что в русском языке (в древнерусском, но частично сохранившемся и до сего дня, в частности, для слов *есть* и *суть*) спряжение в настоящем времени глагола *быть* таково: *я (аз) есмь, ты еси, он есть, мы есмы, вы есте, они суть*.

его властям. В этом смысле Иуда был ближайшим другом и помощником Христа, почему и сам Иуда был вознесен на небеса. В гностическом папирусе также утверждается, что Бог Ветхого Завета не был верховным божеством, по этой версии, он был жестоким и мстительным божеством (Небро, бунтарь; Ялдаваоф – сын хаоса по-арамейски), и с ним было божество-создатель рода человеческого Саклас (глупец по-арамейски), что и объясняет некомфортность Земли с ее вулканами, землетрясениями, наводнениями, эпидемиями).

Вера. Наша вера в корректность введения взаимно непротиворечивых концепций основывается, с одной стороны, на строгой логичности методов познания, с другой же стороны, она играет определяющую роль в построении науки как полноценного продукта нашего познания. Еще на раннем этапе христианской эры начался отбор религиозной литературы, и ряд влиятельных деятелей церкви проанализировали существовавшие тогда рукописи евангелий и выбрали из них лишь четыре как отвечающие их убеждениям, тем самым придав бюрократический характер Новому Завету и вообще христианской вере. Одним из самых активных деятелей был Лионский епископ конца II в. Ирений (Ireneus), написавший ок. 180 г. по-гречески трактат «Обнаружение и Опровержение Ложного Знания», где он критически разобрал, в частности, Евангелие от Иуды, которое так и было им тогда названо и отнесено к гностическим вариантам ереси, которые он квалифицировал как самые опасные для христианства в его понимании. Он отметил, что с такими концепциями бороться труднее всего. Таким образом, можно заключить, что Евангелие от Иуды тогда было в его библиотеке и затем было им просто физически уничтожено.

Наука. Мы будем обсуждать не столько прикладную, сколько чистую точную (фундаментальную) науку, в основном ее физико-математическую часть. В ней есть как гипотезы, так и теории, которые нельзя смешивать друг с другом. Гипотеза представляет собой правдоподобную догадку. Ее важность состоит в том, что она является неотъемлемым элементом научного развития, базирующимся на предположении, которое еще нужно строго доказать. Существует два типа доказательства – экспериментальное и математическое (чаще всего доказательство соответствующей теоремы). Экспериментальное доказательство есть, по сути, проверка с помощью эксперимента. Последний никогда не может быть абсолютно точным, так как основывается на измерении предполагаемых физических эффектов, предсказываемых гипотезой, а сами измерения всегда приближительны, то есть основываются на вере или просто надежде. Математическое же доказательство подсказывает нам идею проведения окончательного эксперимента, положительный результат которого следует называть свершившимся открытием, и в этом случае оба доказательства вместе делают из гипотезы теорию. Отрицательный же результат эксперимента после доказательства теоремы означает революцию в нашем познании, прежде всего

математическую революцию. Из него следует необходимость коренного пересмотра математического обоснования теории, что бывает крайне редко, так как указывает на смену фундаментальных концепций во всей физике. Примером этому служит рождение квантовой теории и теории относительности. Как отметил Д. Бом [1–3], такое скачкообразное развитие науки – это самый важный элемент ее истории, и оно не позволяет даже говорить о каком-либо постепенном фундаментальном развитии ее вообще или о постепенном асимптотическом приближении нашего познания к некой абсолютной истине и, как мне кажется, даже о реальном существовании последней.

При этом законы природы, составляющие важнейший элемент науки, очевидным образом, существуют и действуют объективно даже в случае своего совершенства (то есть могут быть подвержены некоторому пересмотру, углублению в процессах научных эволюции и революции). Это подтверждается и тем фактом, что объектами нашего научного изучения являются не конкретные (индивидуальные) объекты, а их категории (например, не какой-то один конкретный электрон, а все электроны вообще как понятие и его физические свойства). В таком смысле и эти категории исследуемых нами физических объектов и соответствующие им законы природы объективно существуют и действуют не в пространстве-времени, а вообще вне его, образуя тем самым объективный мир концепций и категорий, сам являющийся объектом исследования науки, в данном примере – физики.

Заключение. Даже история (будь то история математики, физики, социологии, религии и самой истории) обладает глобальными корнями, выходящими за рамки пространства-времени. Примером этого может служить одна проблема, вопрос о которой неоднократно ставился в научной литературе: как наши исследования и в теоретической космологии, и при наблюдательно-измерительной активности астрономов и астрофизиков, могут повлиять на саму эволюцию Вселенной; могут ли они и как, если могут, радикально изменять самый ход этой эволюции? (Осмелюсь добавить сюда и вопрос: может ли от этого пострадать или улучшиться не только настоящее и будущее, но и прошлое нашего мира?) В основе этих проблем лежат и фундаментальные законы квантовой физики в их глобальном приложении.

Чтобы пояснить мой интерес к истории религии, в заключение скажу, что все мои предки по мужской линии с середины XVIII и до конца XIX в. были христианскими священниками в Белоруссии (до наполеоновских войн униатскими, а после – православными).

Наконец, я хотел бы обратить внимание читателя на замечательную книгу В. Сибрука, которая помогает более полно осознать и понять сущность деятельности работников науки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bohm D.* The Special Theory of Relativity. – N. Y.: W.A. Benjamin, 1965.
2. *Bohm D.* Quantum Theory. – N. Y.: Prentice Hall, 1989.
3. *Bohm D.* The Essential D.B. / Ed. Lee Nichol, preface by the Dalai Lama. – Lnd: Routledge, 2002.
4. The Gospel of Judas, from Codex Tchacos / Ed. by Rodolphe Kasser, Marvin Meyer and Gregor Wurst. – Washington, D.C.: National Geographic, 2006.
5. *Kowalczyński J.K.* The Tachyon and Its Fields. – Warsaw: Polish Academy of Sciences, Centre for Science Advancement, 1996.
6. *Mitskievich N.V.* Relativistic Physics in Arbitrary Reference Frames. – N. Y.: Nova Science Publishers, Inc., 2006.
7. *Pagels E.H.* Beyond Belief: The Secret Gospel of Thomas. – N. Y.: Random House, 2003.
8. *Palatini A.* Rend. Circolo Mat. Palermo. – 1919. – № 43. – P. 203.
9. *Сибрук В., Вуд Р.* Современный чародей физической лаборатории. История американского мальчика, который стал самым дерзким и оригинальным экспериментатором физической лаборатории / Пер. с англ. В.С. Вавилова; Под ред. С.И. Вавилова. – М.: Наука, 1980.
10. *Yano K.* The Theory of Lie Derivatives and Its Applications. – Amsterdam. – North-Holland, 1955.

МЕТАФИЗИКА ИНВАРИАНТНОСТИ

С.А. Векшенов

Российская Академия Образования

Инвариантность – магическое слово современной физики. Лоренц-инвариантность, калибровочная инвариантность, масштабная инвариантность – все это «входные билеты» в высокое общество современных физических теорий. Причину этого особого положения «инвариантности» можно усмотреть в следующем.

Наше познание мира всегда опосредовано языком. Можно придать этой опосредованности фундаментальный характер и, вместе с Л. Витгенштейном, считать, что «границы моего мира определяются границами языка» (*Die Grenzen meiner Sprache bedeuten die Grenzen meiner Welt*). Однако можно, следуя за Э. Гуссерлем, попытаться осуществить «взятие скобок» (*epoché*) и сделать прорыв от языка к самому объекту. Идея инварианта – это математическое воплощение идеи гуссерлианского «*epoché*».

Особенность этого воплощения состоит в следующем.

Как известно, со времен Галилея естествознание говорит языком математики. Однако внутренняя логика этого языка не прокладывает «царского пути» к инвариантным конструкциям. Источник идеи инвариантности – мир объектов существующих вне языка, но в языке определяемых. Более того, в идеале каждый «инвариантно определенный» математический объект должен соотноситься с объектом *terum natura* (природы вещей). Известно, что это соотношение, возведенное в принцип, в явной форме было сформулировано П. Дираком и сыграло выдающуюся роль в физике XX в.

Поскольку мы стоим на пороге физики XXI в., попытаемся осмыслить этот принцип и понять, какой математический объект мы считаем «инвариантно определенным». Возможно, это позволит прийти к новым инвариантным структурам, созвучным тенденциям новой физики.

Начнем с простейшей ситуации.

Возьмем равносторонний треугольник. Наше интеллектуальное зрение позволяет видеть его как целостный объект, обладающий известными свойствами. Чтобы иметь возможность как-то использовать этот треугольник, его надо определенным образом обозначить, в данном случае – обозначить его вершины. Обозначим их цифрами 1, 2, 3, например, так, как показано на рис. 1.

Введенное обозначение является нашим произволом, который мы, разумеется, хотим нивелировать. Это значит, что наряду с данным выше обозначением мы должны рассмотреть все возможные обозначения в рамках выбранного алфавита [1–3] (рис. 2).

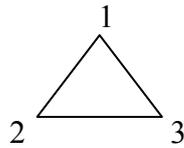


Рис. 1

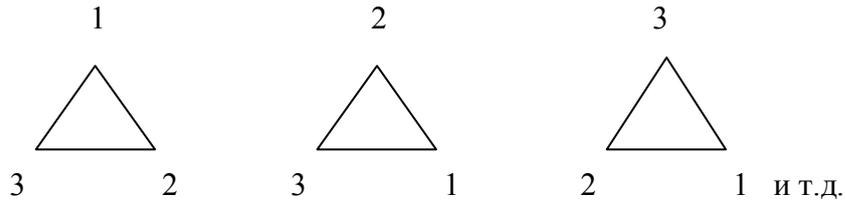


Рис. 2

Таким образом, вместе с треугольником необходимо рассмотреть все его $3! = 6$ возможных обозначений:

1, 2, 3
1, 3, 2
.....
3, 2, 1

Подобная игра с обозначениями может показаться схоластикой, поскольку наша интуиция хорошо выделяет равносторонний треугольник среди других объектов, как идеальных, так и материальных. Однако проблема состоит в том, что большинство интересующих нас объектов не даются нам интуицией. Составлять представление о них мы можем на основе некоторого числа описаний. Можем ли мы составить представление о Руанском соборе на основе серии картин Клода Моне? Вероятно, можем, хотя каждое полотно отражает видимый художником образ этого собора (рис. 3).



Рис. 3

Вернемся к названным выше обозначениям. У нас имеется таблица чисел, каждую строку которой мы понимаем как обозначения некоторого объекта. Задача состоит в том, чтобы, опираясь на эти обозначения, найти стоящий за ними объект. Очевидно, что задача будет решена, если указанную таблицу чисел превратить в структуру, которая однозначно бы указала на равносторонний треугольник.

С первого взгляда неясно, каким именно образом можно абстрагироваться от вводимых обозначений. Принципиальная идея состоит в том, чтобы рассматривать не сами обозначения, а *преобразования одних обозначений в другие*. Можно предположить, что эта идея навеяна физикой. Действительно, каждую тройку обозначений можно воспринимать как «координаты» некоторого объекта, находящегося в пространстве соответственно, подстановка:

$$\begin{matrix} 1 & 2 & 3 \\ a & b & c \end{matrix}$$

новится *преобразованием* «координат», приводящим к новому обозначению *того же* объекта. Далее, само преобразование координат указывает на более фундаментальную вещь – преобразование пространства (плоскости), при котором объект остается неизменным («неподвижным»). Этим свойством, как известно, обладают преобразования симметрии.

Для завершения картины необходимо фиксировать набор таких преобразований. Он возникает из следующих очевидных соображений: последовательная смена обозначений, очевидно, тоже является обозначением. Кроме того, очевидно, что мы всегда можем вернуться от нового к старому обозначению. Отсюда следует, что композиция преобразований и обратное преобразование также являются элементами искомой структуры. Чтобы «замкнуть» структуру, необходимо добавить единичное преобразование (мы ничего не переобозначаем). Таким путем мы приходим к понятию группы, в данном случае группы S_3 перестановок трех элементов. Переход от обозначений к преобразованиям позволяет определить группу более привычным образом: как совокупность преобразований, оставляющих неподвижным некоторый объект, в данном случае равносторонний треугольник. Делая традиционный для современной математики «обратный ход», равносторонний треугольник можно определить как *инвариант* группы, S_3 , то есть как объект, который не меняется при действии на него преобразований – элементов группы (и, следовательно, останется неизменным при обозначениях, взятых из данной таблицы).

Мы привели эти детальные рассуждения, чтобы прояснить несколько важных моментов, которые остаются без внимания при традиционном изложении.

1. Переход от «обозначений» к «преобразованиям» является крайне нетривиальным ходом, который формировался примерно в течение достаточно длительного времени. Создатель теории групп Э. Галуа (1811–1821) говорил на языке перестановок корней алгебраического уравнения, что ближе к обозначениям, чем к преобразованиям. Введенное им фундаментальное понятие

нормальной подгруппы опирается именно на идею независимости от обозначений. Например, подгруппа группы S_3 называется нормальной (нормальным делителем), если она инвариантна относительно переобозначения вершин треугольника (в случае Галуа переобозначения – это перестановки корней уравнения). Такой подгруппой в данном случае является подгруппа циклических переобозначений (перестановок).

В соответствии с метафизикой инвариантности можно предположить, что если группа G указывает на некоторый объект A , то именно нормальная подгруппа H , в силу ее инвариантности относительно переобозначений (независимости от «систем координат»), указывает на подобъект объекта A . Собственно говоря, вся теория Галуа является реализацией этой метафизики применительно к задаче разрешимости алгебраических уравнений.

В современном изложении нормальная подгруппа понимается как подгруппа инвариантная относительно внутренних автоморфизмов группы. Определение приобрело общность, но утратило интуитивную ясность.

2. Интерпретация переобозначений как преобразования прочно закрепились в математике, по-видимому, со времен Эрлангенской программы Ф. Клейна, в которой группа преобразований пространства определяла его геометрию. Именно эта идея была применена Пуанкаре, а позднее и Минковским для релятивистского синтеза пространства и времени.

3. Понятие группы традиционно считается чисто алгебраическим и своего рода эталоном чистой абстракции. Однако, как было продемонстрировано выше, в групповых операциях можно увидеть следы пространственных отношений. В этом нет ничего неожиданного поскольку, например, арифметическая операция сложения начиналась с операции сложения отрезков прямой. Связь же инвариантности и преобразований является следствием пространственной сущности теоретико-групповых операций.

Попробуем теперь перенести метафизику инвариантности в иную ситуацию и рассмотрим натуральный ряд.

Мысль Кронекера о том, что натуральные числа есть создание Господа Бога (*Die ganze Zahlen hat der Hebe Gott macht, alles anderes ist Menschenwerk*), заведомо выводит их из рамок всякой метафизики и обеспечивает им Высшую инвариантность. В добавление к этому можно вспомнить слово «*ergründen*» – «дойти до сути», которое одновременно означает «измерить», то есть «дойти до числа».

С другой стороны, наш разум (*Vernunft*) также желает дойти до сути (в своем понимании «*ergründen*»). Давним примером этому может служить книга В. Клиффорда «*The common sense of the exact science*» («Здравый смысл точных наук») (1886), где кроме прозрений об искривлениях пространства под действием гравитации и «клиффордовых алгебрах» содержался ряд глубоких замечаний, касающихся инвариантности числа (заметим, что словосочетание «*common science*» сейчас было бы более точно перевести как «метафизический», а не как «здравый» смысл).

В трех первых параграфах главы «Number»: «Number is independent of the order of counting», «A sum is independent of the order of Adding», «Product is independent of the order of multiplying» в явном виде проводится мысль, что из двух хорошо известных аспектов числа: порядкового и количественного – необходимо придерживаться его количественной трактовки именно в силу инвариантности понятия «количества». Учитывая традиционную связь «количества» с пространством, а «порядка» со временем, можно сказать, что и в этом случае, как и с понятием группы, предпочтение было отдано «количеству» (пространству).

Количественная трактовка числа приобрела фундаментальный характер в рамках теории множеств Кантора. Напротив, порядковый аспект стал восприниматься как нечто случайное, полностью зависящее от произвола исследователя [3]. Тем не менее Кантор дал свою «количественную» трактовку порядка, которая, как ему представлялась, была свободна от этого произвола (то есть была инвариантной). Суть его подхода состояла в следующем.

Числа $1, 2, 3 \dots n$ появляются в определенном порядке. Если предполагать, что за этим порядком стоит некая сущность, а именно *время*, и в порядковом числе мы должны отразить именно эту сущность, то какой-либо фиксированный порядок появления упомянутых элементов не является существенным. Это значит, что необходимо рассмотреть все возможные порядки элементов $1, 2, 3 \dots n$, то есть:

$$\begin{aligned} &1, 2, 3 \dots n; \\ &2, 1, 3 \dots n; \\ &\dots \dots \dots \\ &n, n - 1 \dots 1 \end{aligned}$$

Теория множеств извлекает из этого набора порядковое число следующим образом. Будем смотреть на эти порядки как на «упорядоченные множества». Ординальное число, которое является теоретико-множественной моделью порядкового числа, определяется как множество «безликих» элементов, которые, тем не менее, связаны общей «идеей порядка», присущего всем названным упорядоченным множествам, а именно порядка, который связывает числа $1, 2, 3 \dots n$.

Подобная трактовка порядкового числа, хотя и является в настоящее время общепризнанной, тем не менее, не решает исходной задачи выявления стоящей за ним сущности – *времени*, поскольку теоретико-множественные конструкции воплощают в себе идею пространства. Таким образом, инвариантность порядковых чисел снова оказывается «пространственной».

Попробуем, пользуясь предыдущей таблицей, инвариантно выразить идею времени (порядка), не прибегая к теоретико-множественным конструкциям.

естественно отождествить с фундаментальным вращением \cup . Фрагмент:

$$\begin{aligned} 1 &\rightarrow 2 \rightarrow 3 \\ 3 &\rightarrow 2 \rightarrow 1 \end{aligned}$$

также можно отождествить с фундаментальным вращением \cup .

Поскольку названные фрагменты различаются нашей интуицией (в первом случае метка 3 остается на месте), такое же различие можно применить и к соответствующим фундаментальным вращениям. В результате эти фрагменты вместе дают фундаментальное вращение $\cup\cup$.

Попробуем подсчитать число фундаментальных вращений, которые можно извлечь из таблицы:

$$\begin{aligned} 1 &\rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow \dots n; \\ 2 &\rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow \dots n; \\ &\dots\dots\dots \\ n &\rightarrow n-1 \rightarrow n-2 \dots 1, \end{aligned}$$

стараясь в максимальной степени избежать произвола в определении их количества и направлений вращения.

Основная идея состоит в том, что фундаментальные вращения, которые можно извлечь из этой таблицы, сгруппировать в пары, число таких пар будет зависеть только от n .

Простой подсчет показывает, чтобы из таблицы, содержащей $n!$ перестановок, можно извлечь ровно $\lambda(n)$ пар фундаментальных вращений, где $\lambda(n)$ определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} \lambda(n+1) &= \lambda(n)(n+1)+1; \\ \lambda(0) &= 0; \\ \lambda(1) &= 0. \end{aligned}$$

В целом же из данной таблицы можно извлечь:

- n линейных шагов, если абстрагироваться от конкретных перестановок n чисел-меток;
- $\lambda(n)$ пар фундаментальных вращений.

Наглядно эту структуру можно представить следующим образом (рис. 4):

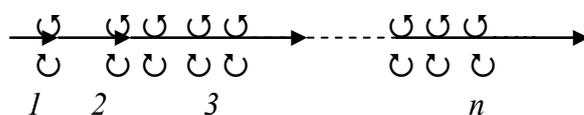


Рис. 4

Если эту структуру «вытянуть в линию», то получится следующее:

$$(\uparrow\uparrow\uparrow\dots\dots\uparrow)_n(\cup\cup\cup\cup\dots\dots\cup\cup)_{2\lambda(n)}.$$

Такое представление вполне естественно, поскольку с ростом n фундаментальные вращения появляются парами, хотя, разумеется, имеет место неизбежное в математике допущение.

Главный смысл полученной структуры состоит в следующем.

Реализация идеи инвариантности в отношении порядковой составляющей числа дает крайне неожиданный результат: *каждый «линейный» шаг процесса порождения натурального числа n сопровождается появлением некоторого количества пар взаимно противоположных фундаментальных вращений, при этом количество этих пар растет с ростом n .*

Несколькими штрихами обозначим следствия данного утверждения.

Наиболее существенные следствия связаны с моделями континуума. Как известно, общепринятой моделью континуума является теоретико-множественная точечная модель. При этом каждая точка согласно постулату Кантора отождествляется с действительным числом (или системой чисел). В свою очередь аксиомы действительных чисел допускают различные интерпретации. В частности, Д.Х. Конвеем (John Horton Conway) была предложена модель, в которой действительные числа отождествляются с последовательностями, построенными из двух знаков « \uparrow » и « \downarrow ». Например, число $1/3$ в этой модели записывается как $\uparrow\downarrow\downarrow\uparrow\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow\dots$. Очевидно, что к каждой такой записи числа можно применить сформулированное выше утверждение, с той лишь разницей, что линейные шаги могут осуществляться в противоположных направлениях. Это приводит к относительному изменению направления вращений в появляющихся парах, что, однако, не влияет на всю структуру в целом. Например: $\uparrow\downarrow\downarrow\uparrow\uparrow\dots \cup\cup\cup\cup\cup\cup\cup\cup\cup\cup\dots$

Данная конструкция допускает ряд интерпретаций. Наиболее интересны из них такие.

1. Последовательность $\uparrow\downarrow\downarrow\uparrow\uparrow\dots$ в арифметике Конвея интерпретируется как действительное число (и, в общем случае, даже как нестандартное действительное число) и, согласно постулату Кантора, – как точка континуума. Связанная с ней последовательность фундаментальных вращений $\cup\cup\cup\cup\cup\cup\cup\cup\cup\cup\dots$ может быть интерпретирована как действительное число – фаза φ кинематического образа $e^{i\varphi}$ фундаментального вращения. Таким образом, можно считать, что к каждой точке континуума «привязано» некоторое абстрактное вращение « $e^{i\varphi}$ », причем фаза этого вращения связана с числовыми характеристиками точки. Эта привязка показывает, что каждая точка континуума приобретает внутреннюю динамику, обусловленную только ее статусом как элемента континуума.

2. Более радикальная интерпретация заключается в том, чтобы посмотреть на структуры вида: $\uparrow\downarrow\downarrow\uparrow\uparrow\dots \cup\cup\cup\cup\cup\cup\cup\cup\cup\cup\dots$ как на «токовые нити», из которых «соткан» континуум [4].

Приведенные структуры созвучны многим конструкциям из арсенала современных физических теорий: «струнам», «петлям» и пр. При этом в основе перечисленных конструкций лежат те или иные физические или геометрические образы, которые, так или иначе, апеллируют к традиционным теоретико-множественным структурам (например, струнные теории реализуются на фоне классического точечного континуума). Рассмотренные выше

структуры позволяют расширить этот континуум исключительно «внутренними», алгебраическими средствами.

В заключение стоит отметить крайне интересную «гуманитарную» интерпретацию структуры, представленной на рис. 4.

Известный филолог, академик РАН В.Н. Топоров, занимаясь анализом космогонических мифов различных народов мира, заметил, что, несмотря на чрезвычайное разнообразие сюжетов и действующих лиц, космологический миф представляет становление мира как результат последовательного введения основных бинарных оппозиций: небо – земля и т. д. Например, подобная схема дана в начале кн. Бытия: «И сказал Бог: да будет свет... и отделил бог свет от тьмы. И назвал Бог свет днем, а тьму ночью... И сказал Бог: да будет твердь посреди воды... И создал Бог твердь, и отделил воду... И назвал Бог твердь небом...» и т. д.

Приведенная на рис. 4 структура хорошо вписывается в общую схему. Таким образом, натуральный ряд вместе с парными фундаментальными вращениями имеет общий со всеми мифологическими картинами мироздания архетип, что неожиданно возвращает нас к парадоксальной мысли Л. Кронекера.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Витгенштейн Л.* Логико-философский трактат. – М.: Гнозис, 1994.
2. *Гуссерль Э.* Кризис европейских наук и трансцендентальная феноменология: Введение в феноменологическую философию // Вопросы философии. – 1992. – № 7.
3. *Cantor G.* Mitteilungen zur Lehre vom Transfinitum / Пер. на рус. яз. Г. Кантор // К учению о трансфинитном: Труды по теории множеств. – М., 1985.
4. *Векшенов С.А.* Метафизика и математика двойственности // Метафизика век XXI / Под ред. Ю.С. Владимирова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011.
5. *Топоров В.Н.* О мифопоэтическом пространстве: Избр. ст. – Pisa: ECIG, 1994.

МЕТАФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ФИЗИКЕ МИКРОМИРА

ПОНЯТЬ МЕТАФИЗИКУ

А.Ю. Севальников

Московский государственный лингвистический университет

Аристотелевская «Физика» есть сокровенная и потому еще ни разу не продуманная в достаточной степени основная книга западной цивилизации.

Хайдеггер М. О существе и понятии

Ряд фундаментальных физических теорий, прежде всего квантовая механика, могут быть, вероятно, осмыслены в рамках метафизических представлений.

Одним из основных признаков нашей цивилизации является то, что она носит принципиально не метафизический, а скорее даже, антиметафизический характер. Трудно определить точно временные рамки, когда было утрачено метафизическое видение, но началось это не вчера и не позавчера... По крайней мере, уже более полутысячелетия западная культура развивается принципиально по другому пути. Кем бы ни являлся современный человек, по образованию, воспитанию, к какому бы социальному слою он ни принадлежал, он является, можно сказать, представителем и выразителем, до самых мельчайших пор, техногенной и сциентистской цивилизации.

Да, существуют философы, именующие себя метафизиками. В XX в. было издано немало монографий, посвященных этой дисциплине, однако абсолютное большинство из них к подлинной метафизике не имеют никакого отношения.

Тем не менее на Западе все-таки существуют и люди и организации, большей частью закрытые, являющиеся носителями традиционной метафизики. И если говорить о ней, то нужно обратиться к тому наследию, что осталось в рамках нашей цивилизации. Но даже и здесь есть определенные трудности. За несколько минувших столетий мы явно утратили метафизиче-

ское видение реальности. И если говорить о метафизике, то, прежде всего, необходимо ответить на вопрос, а чем же она является?

Вообще говоря, существует несколько подходов к пониманию метафизики. Во-первых, можно говорить о восточной и западной метафизике. В рамках восточных школ, прежде всего, выделяются, индусские и китайские школы. Выделяются они своей разработанностью, детальностью, имея к тому же и конкретные, практические применения. В Китае это даосизм, в Индии издавна существовало шесть традиционных философских школ, или *даршан*, – санкхья, ньяя, вайшешика, йога, миманса и веданта. Школы сохранились до сих пор, очень влиятельна веданта, прежде всего так называемая адвайта-веданта. Не умерла и санкхья, одна из древнейших даршан, на которой базируются такие конкретные традиционные науки, широко практикующиеся в Индии, как *аюрведа* и *джийотши*.

Очень влиятелен на Востоке *суфизм*, без ошибки, можно сказать, распространённый от Тихого до Атлантического океанов. Суфизм, впрочем, как инициатическое учение существует внутри ислама, который является уже скорее западной традицией, но только в плане географическом, но не в сущностном. Здесь же уже в рамках иудаизма, отметим Каббалу. Все эти течения различаются один от другого, и подчас существенным образом, но, тем не менее, они принадлежат к одному «метафизическому полюсу».

На другом полюсе, надо сказать, совсем не уравнивающим первым, находится не так уж много учений. Отметим здесь схоластику и неосхоластику, которые сформировались внутри западного христианства. Тут также можно выделить ряд направлений. Наиболее распространённым является томизм, до сих остающийся влиятельным направлением в католицизме. В томизме слились воедино две традиции: античная греческая метафизика, прежде всего аристотелизм, и христианское Откровение.

Рене Генон определяет метафизику как «единственный вид знания, который не может быть основан ни на чем ином, кроме самого себя, уже в силу того обстоятельства, что метафизика является знанием универсальных принципов, из которых выводится все остальное, включая, среди всего прочего, и то, с чем имеют дело самые разные науки» [1, с. 112]. Именно такое определение метафизики, рассматриваемое в своей абсолютности, уже с давних пор вызывало и вызывает до сих пор яростное отторжение и неприятие, прежде всего, со стороны позитивизма. Так, критика позитивизмом натурфилософии, как-то гегелевской или шеллингианской, была критикой именно такого метафизического подхода, когда природа должна была следовать тем или иным схемам или системам. Подчеркивался сугубо эмпирический характер современной науки, и на этом основании из оснований науки пытались элиминировать все и всяческие элементы метафизики. Генон справедливо отмечает, что конкретные науки вполне могут отделять свое содержание от метафизических принципов, как раз для того, чтобы рассматривать свой предмет со своей специфической точки зрения. Такой подход вполне

оправдан, «поскольку, соотнося предмет своего исследования с универсальными принципами, они были бы вынуждены выйти за пределы той специальной области, где полученные в этих науках знания только и могут применяться» [1, с. 112]. Отсюда непосредственно следует, что «данные науки не могут быть основаны непосредственно на метафизике; относительный характер той точки зрения, которую эти науки представляют, обеспечивает им некоторую автономию, непонимание этого может привести только к неизбежным противоречиям» [Там же]. В этой связи Генон критикует декартовскую метафизику, которая была лишь «псевдометафизикой, да и сам он интересовался ею только в качестве введения к его физике». Замечания такого рода вполне приложимы и к другим новоевропейским «метафизическим» системам, исключая, пожалуй, да и то с оговорками, метафизику Лейбница.

Итак, конкретная наука может опираться на свои принципы, при этом, однако, она не может и противоречить метафизическим принципам. Как это может одновременно сочетаться, я попытаюсь показать несколько ниже. Чтобы двигаться дальше, необходимо уяснить ряд важнейших понятий, напрямую связанных с термином метафизика.

Этимологически «метафизика» отсылает к тому, что находится за пределами «физики», природы, то есть отсылая нас к иному слою реальности. Важнейшим здесь становится понятие *трансцендирования*, выход к запредельному, к тому, что находится за гранью явленного бытия. Уже здесь мы сталкиваемся с отрицательным, негативным определением. Метафизическое – это то, что преодолевает физическое, природное. Природа (*natura*) в метафизике всегда рассматривалась как нечто относительное в том смысле, что есть нечто абсолютное, универсальное, конституирующее физический слой реальности. Понятия *абсолютное* и *относительное* – одни из ключевых в метафизике. Собственно первичным является понятие «абсолютного».

Метафизика настаивает на существовании совершенно Иного, абсолютно потустороннего, совершенно невыразимого и непознаваемого. Это есть область Абсолюта, определяемого чисто в апофатическом смысле, на чем единогласно настаивают все традиции, как бы сильно они друг от друга ни отличались. Например, в индуизме этот уровень определяется «нети-нети», то есть «ни то, ни то». Оно является запредельным по отношению ко всем иным модусам бытия. Это не может быть названо ни «абсолютным бытием», ни «абсолютной идеей» и ни «абсолютной реальностью». Это просто «абсолютное», не являющееся ни бытием, ни небытием, ни реальностью и ни возможностью. Это та категория, из которой все вытекает, начало начал, являющееся ничему не тождественной категорией. Абсолют – высшая категория метафизики, в рамках которой не только не может вестись речь о становлении, но и самом бытии и небытии. «Иное» утверждается прежде небытия и бытия и не совпадает с ними.

Следующим принципиальным уровнем метафизики является понятие чистого бытия. Именно оно и является истоком того, что существует относительно образом, выступает как совершенный абсолют для более низких уровней реальности, но не негативным образом как Иное, а как позитивный исток бытия наличного. Чистое бытие определяется в паре с небытием, которое коррелирует именно с этим понятием, и «отграничивает» чистое бытие от Иного.

Еще более низким уровнем в метафизике выступает чистая субстанциальность или «Универсальная природа», начало вселенского становления в различных уровнях реальности. Традиционно выделяют три таких уровня – уровень сверхформального проявления, промежуточный мир тонких форм и собственно мир плотных тел, окружающий нас макроскопический мир. Собственно два «нижних» мира и являются миром традиционной физики. Эти уровни телесного существования традиционно мало интересовали метафизику, а точнее, являлись периферийной задачей Традиции. В свою очередь, со стороны «физики» все, что находится выше, определенным образом «не существует». Существует совершенно четкая «аналогия бытия», по которой бытие сверхформальное выступает как бытие апофатическое по отношению к двум низшим проявленным мирам. В рамках «аналогии бытия» существует ряд универсальных терминов, которые являются общими для всех этих уровней и в которых эти уровни бытия могут быть адекватно описаны. Такими категориями выступают понятия «необходимое – возможное – действительное». Именно эти категории фактически только и использовались в рамках западной метафизики, и именно они и достаточны для «схватывания», описания наблюдаемой наличной реальности в метафизических терминах, что мы и собираемся продемонстрировать.

В свое время Аристотель использовал такую триаду понятий именно для построения своей физики. Введение Аристотелем понятия «возможности» было связано с тем, что в рамках платоновской философии принципиально не удавалось описать движение, основной и сущностный признак физического. Платон исходил из дуальной схемы, из пары противоположностей «сущее – не сущее». В результате такого подхода, пишет Аристотель, Платон отрезал себе путь к постижению изменения, составляющего главную черту природных явлений. «...Если взять тех, кто приписывает вещам бытие и небытие вместе, из их слов скорее получается, что все вещи находятся в покое, а не в движении: в самом деле, изменению уже не во что произойти, ибо все свойства имеются <уже> у всех вещей» [2. IV, 5].

Противоположность бытие-небытие, говорит Аристотель, нужно опосредовать чем-то третьим; таким посредником между ними выступает у Аристотеля понятие «бытия в возможности». Понятие возможности Аристотель вводит, таким образом, для того, чтобы можно было объяснить изменение, возникновение и гибель всего природного и тем самым избежать такой ситуации, которая сложилась в системе платоновского мышления: возник-

новение из «не сущего» – это случайное возникновение. И действительно, все в мире преходящих вещей для Платона непознаваемо, ибо носит случайный характер.

Попытка описания движения в понятиях сталкивается с известными трудностями и восходит к очень древней апории между бытием и становлением. Соответственно этому, она оказывается тесно связанной с проблемой небытия, так как к бытию может приходиться только то, что еще в бытии не существует. У элеатов попытка отражения каждой мысли о небытии приводила к изгнанию понятия становящегося из области «знания» в область «мнения». У Платона во времена его классического учения об идеях мы также видим пренебрежение феноменом становящегося мира, но уже в «Пармениде» и, прежде всего, в «Софисте» он пытается посредством нового подхода «разрыхлить» жесткое понятие бытия у элеатов (и оказывается, добавим, в исходных формулировках близким к исходным пунктам аристотелевского понятия возможности): «...нам необходимо будет подвергнуть испытанию учение нашего отца Парменида и всеми силами доказать, что небытие в каком-либо отношении существует и, напротив, бытие каким-то образом не существует» (Платон, Софист, 241 d).

Однако, опираясь на платоновскую дуалистическую схему «бытие-небытие», оказывается невозможным описать движение, – необходимо «найти «лежащее в основе» третье, которое было бы посредником между противоположностями» [3, с. 280].

Аристотель вводит понятие «бытия в возможности», которое опосредует, связывает два онтологически различных горизонта. Все сущее у него теперь носит двоякий характер: сущее в действительности и сущее в возможности. И поскольку оно имеет «двоякий характер, то все изменяется из существующего в возможности в существующее в действительности... А потому возникновение может совершаться не только – привходящим образом – из несуществующего, но также <можно сказать, что> все возникает из существующего, именно из того, что существует в возможности, но не существует в действительности» [2. XII, 2].

«Бытие в возможности» имеет у Аристотеля в качестве своего коррелята понятие деятельности. Деятельность, как поясняет Аристотель, в известном смысле можно уподобить цели, то есть тому, «ради чего» существует способность, «ибо как цель выступает в дело, а делом является деятельность, почему и имя “деятельность” (энергейя) производится от имени “дело” (эргон) и по значению приближается к “осуществленности” (энтелехия)» [2, IX, 8]. Эти термины – энергейя, эргон и энтелехия (от телос – «цель», «конец») самим Аристотелем характеризуются как родственные по смыслу.

Крайне интересно и само формальное определение «бытия в возможности» у Аристотеля, даваемое в его «Метафизике». «Способностью, или возможностью (dynamis), называется начало движения или изменения вещи,

находящееся в ином или в ней самой, поскольку она иное...» [2. V, 12]. Это значение Аристотель считает основным [2. IX, 1].

Анализу этого понятия посвящена обширная литература, отмечу здесь только работу П.П. Гайдено «Эволюция понятия науки» (М.: Наука, 1980), где автором обстоятельно анализируется это понятие и выделяются несколько его смыслов. Я не буду на них останавливаться, отмечу лишь, что один из главнейших аспектов этого понятия остался в тени, и связано это с особенностью аристотелевской метафизики. «За кадром» остался самый существенный момент в понятии аристотелевской «возможности». Эта категория напрямую связана с *трансцендированием*, с выходом к *осуществленности* формы, того начала, что отнесено к совершенно иному горизонту бытия. «Бытие в возможности» связывает воедино осуществленное, то, что вышло к бытию – энтелехия, получило конец и завершение, и то, что находится по тому же Платону на уровне чистого бытия. Как раз этот уровень и является истинно трансцендентным по отношению к «бытию в возможности» и «осуществившемуся». Традиционно метафизика использует по отношению к нему понятие «необходимое», то, без чего нельзя обойтись. В определенном смысле это есть тот самый аристотелевский «недвижимый двигатель» Аристотеля, который в метафизике всегда скрыт, никогда не выступает в ней как само по себе, а только через дуальность *возможного* и *действительного*. В этой триаде понятий *возможное* всегда вторично, хотя и играет важную роль в воплощении чистого бытия. Причем это не только вторичность, но и в прямом смысле двойственность. Возможное, связывая два онтологически различных уровня бытия, несет на себе печать этих двух уровней. С одной стороны, оно явно трансцендирует по отношению к бытию действительному, но с другой стороны, выступает как бытие действительное по отношению к истинно трансцендентному и апофатичному чистому бытию. Но самое главное, оно парадоксальным образом диалектически совмещает в себе одновременно отпечаток подвижного, воплотившегося бытия, чья сущность и есть движение, и отпечаток неподвижного, неизменного и вечного чистого бытия. Оно и есть в полном соответствии с аристотелевским определением то «начало движения, что коренится в *ином*», и, добавим, само несет в себе отпечаток этого неизменного Иного.

Фактически мы здесь изложили очень кратко все то, что необходимо для понимания и схватывания «метафизичности» квантовой механики, для осознания того, что эта теория находится в явном противоречии с попытками позитивистских и неопозитивистских трактовок современной науки. Это выводит к совсем иным горизонтам бытия, что никак не может быть сведено к наблюдаемому эмпирическому, фактическому и бытию наличному. Примечательно, что одним из первых это понял Вернер Гейзенберг, когда утверждал, что квантовая механика возвращает нас к метафизике Аристотеля и к его пониманию «бытия потенциального» и «актуального». В немецкоязычной литературе, посвященной проблемам квантовой механики, можно

найти такое утверждение «Wer “Quantenphysik” sagt, muss auch “Metaphysik” sagen» – «Тот, кто говорит квантовая физика, должен также произносить и Метафизика». И это касается исключительно только квантовой теории. Ни классическая механика, ни теория относительности, как специальная, так и общая, не выводили в своем формальном аппарате за пределы бытия наблюдаемого. И только в рамках квантовой механики физика впервые начинает прорываться к совсем иным горизонтам бытия. Каковы основания для такого утверждения?

Первое, в самом начале своего развития в рамках квантовой теории, в ее формализме четко различали параметры «ненаблюдаемые» и «наблюдаемые». Первое – это то, что описывается самими волновыми функциями (ВФ), а второе – квадратами их модуля. Разделяет их редукция волновой функции. Это существеннейший момент квантовой механики (КМ). Этой проблематике в 1930-е гг. было посвящено огромное количество дискуссий и соответствующей литературы. Здесь я абсолютно согласен с Бором и Гейзенбергом, что существует четкое разделение на область квантовых феноменов и наблюдаемую классическую реальность. Собственно Ландау в своем курсе квантовой механики следует именно этой позиции. В свое время философский анализ этих вещей проводил М.Э. Омеляновский. Если мы не вводим понятия обычного макроскопического мира, который радикально отличается от области квантовых явлений, то мы банально не можем ввести понятие измерения.

Далее. ВФ не является «жителем» нашего мира, она определена в совершенно особом гильбертовом пространстве и носит, самое главное, комплекснозначный характер. А вот «наблюдаемые» – это то, что принадлежит нашей обычной макроскопической обстановке. Природа квантовых и классических объектов существенным образом различается! Как по сущности, так и с точки зрения математики. В первом случае, с точки зрения математики, мы имеем так называемые неархимедовы отношения, а в случае классической науки мы сталкиваемся с геометрией, удовлетворяющей аксиоме Архимеда. В мире квантовом вы не введете понятия «больше-меньше», а мир классический, наблюдаемый на этом стоит, с чем, собственно, и связано понятие **измерения** как такового.

Третье – анализ, проведенный с точки зрения математической логики, говорит то же самое – квантовый и классический случаи – онтологически различны. В первом случае мы имеем небулеву логики, а во втором случае, в классике работает обычная булева логика. Для случая классического возможна так называемая «квантовая шизофрения», когда объект может одновременно находиться в двух допустимых состояниях, а в случае классическом – никогда. Работает принцип «tertium non datur».

Все это как нельзя лучше демонстрирует вся полемика вокруг ЭПР-парадокса, последние по этому поводу эксперименты (напр., см. работы Anton Zeilinger) и их трактовка. Еще Эйнштейн понял, что если КМ права и

полна, то величины, соответствующие двум не коммутирующим операторам, не могут существовать одновременно. Если продумать всю эту ситуацию до конца с учетом так называемых экспериментов с «отложенным выбором», то получается, что параметры квантового объекта, если мы их не наблюдаем, не существуют до измерения! Именно это и понял Эйнштейн, однако не мог никак принять! И все это в силу определенной философской установки. Мы бы это назвали – «метафизическая позиция», это те «очки», через которые мы «видим» мир. А вот уже Дж. Уилер отталкивается от этих же экспериментов, от этого парадокса и приходит к правильному пониманию, что никакой квантовый феномен нельзя считать явлением, пока оно не наблюдается. И дело здесь вовсе не в пресловутом наблюдателе!

В России анализом ЭПР-парадокса занимался Д.Н. Клышко. Он избегает введения понятия наблюдателя, следуя вполне духу курса Ландау, который в своем курсе нигде его не использовал. Клышко говорит об измерении, о взаимодействии классического объекта с квантовым. По его мнению, дело не в наблюдателе, а совсем в ином объекте, который стала изучать квантовая теория. Это «пакет вероятностей», а точнее – «амплитуд вероятностей», которые определенным образом не существуют до измерения. Следуя Уилеру, Клышко, например, говорил: «Фотон является фотоном, если это зарегистрированный фотон». Это верно. Но иногда он утверждал прямо, что «фотон до момента регистрации объективно не существует». А вот это уже не соответствует действительности. Но в каком смысле? Фотон до регистрации, как и ЛЮБОЙ элементарный квантовый объект, не существует как объект актуальный. Продумывание всей этой ситуации привело и Гейзенберга, и Фока к введению понятия «бытия потенциального». Есть разные уровни существования реальности. Само понятие «существования» становится более сложным. Объект может существовать и как потенциальный, и как актуальный. И это разные понятия [6].

И здесь мы неизбежно сталкиваемся – вопреки тому, что говорили позитивисты, – с метафизикой. Гейзенберг пришел к своей точке зрения во многом благодаря тому, что прекрасно знал Платона и Аристотеля. (Еще на баррикадах в Мюнхене в 1919 г. он в подлиннике(!) читал диалоги Платона.)

Отсюда вытекают многие интересные вещи, напрямую связанные с дискуссиями вокруг квантовой механики. Напрямую это связано с проблемой редукции волновой функции. Можем ли мы ее как-то схватить? Да, но только отчасти. Почему? Если мы серьезно принимаем факт существования квантовых феноменов, как связанных с иным модусом бытия, то неизбежно сталкиваемся с проблемой скачка. Кстати, в метафизике любой акт становления, «движения» связан с разрывом, с трансценденцией, с выходом в актуальное того, что существовало как имплицитное, потенциальное. Там это была аксиома. Именно с этим связана вся проблематика элеатов, начиная с Парменида.

«Иное», как мы уже пытались показать выше, традиционно в метафизике противопоставлялось, говоря современным языком, конкретному, наличному, актуальному бытию. И их разделяет акт трансценденции – выход из потенциального состояния в бытие актуальное. Я бы употребил здесь немецкое «Dasein», правда, в дохайдеггеровском смысле. Просто как «бытие наличное». Ему противостоит «Noch-nicht-Sein» – «Еще-не-бытие». И между ними всегда разрыв! И это естественно, так как они относятся к разным онтологическим уровням реальности. Квантовые объекты **принципиально** описываются иначе, нежели классические. Там комплекснозначность, а здесь мир обычных действительных чисел. И между ними разрыв, скачок, та самая редукция волновой функции! С этим скачком, кстати, сейчас «борются» специалисты в области квантовых вычислений. Там возникла так называемая проблема «масштабирования». Когда используется один-два кубита, то проблем для квантовых вычислений не возникает. Они ведут себя как нормальные квантовые объекты, с нормальной «квантовой шизофренией». Находятся в состоянии суперпозиции, так же как и «кот Шредингера» одновременно и жив и мертв. Речь, конечно, идет об определенных квантовых состояниях, например, спина электрона, или той или иной поляризации фотона. Но как только начинают увеличивать количество кубитов, то непредсказуемо, скачком система переходит в нормальное, уже классическое состояние, где никакой «квантовой шизофрении» и в помине нет, хотя все еще имеют дело, казалось бы, с микроскопическими объектами.

Именно с этим скачком и связан на самом деле принципиально наблюдаемый вероятностный характер квантовых процессов. Но только именно **квантовых**, то есть процессов, находящихся в процессе становления. Конечный же результат всегда предопределен. Да, взяв кусок радия, мы не можем сказать, когда распадется выделенный конкретный атом. Но конечный результат всегда предопределен и вытекает из того же уравнения Шредингера. Или при интерференции света мы не можем сказать, где на фотоплёнке в конкретном месте проявится фотон, но общая конечная картина предопределена заранее. В своем курсе Фейнман справедливо писал, что так называемая проблема «теории измерения» в КМ это в целом псевдопроблема. Все что нам надо, это знать вероятности переходов, а их квантовая механика нам и дает. И здесь мы опять сталкиваемся напрямую с метафизической проблематикой! На самом деле, оставаясь только с одним понятием действующей причины, многое в квантовых явлениях не поймешь!

Если мы признаем, что объекты КМ отнесены к области бытия потенциального, надо понять, что это – иной модус бытия. Квантовый объект – трансцендентен нашему миру. Но тогда в целом и действующая причина – трансцендентна и вы не всегда ее можете «схватить». И самое интересное, в формализме квантовой теории этого вовсе и не обязательно делать! Она нам дает формализм для расчета вероятностей перехода, предсказывает то, что

будет наблюдаться в результате эксперимента. Конечно, все это не отменяет постановки вопроса – а что там? и как? «Что там, по ту сторону кванта?»

В определенном смысле приоритет здесь за причиной целевой, в полном соответствии с метафизикой Аристотеля. Если в классической науке введение причины целевой излишне, и в соответствии с тезисом Канта это является капитуляцией при описании природных явлений, то в области квантовых феноменов мы уже сталкиваемся с принципиально иной ситуацией. Квантовые объекты существуют «за чертой» мира феноменального, то, что мы видим, является финальным, «целевым» воплощением потенциального и вовсе не случайно появление причины целевой в описании квантовых явлений. Как нельзя ярче все это демонстрирует метод S -матрицы в квантовой теории, когда нам нужно знать только начальное и конечное состояние систем и когда мы можем игнорировать все промежуточные состояния, что, по сути, фактически элиминирует, на самом деле отодвигает на второй план понятие причины действующей, на которой и сосредоточено было все внимание классической науки.

В связи со всем, что было сказано выше, хотелось бы обратить внимание на так называемую «бинарную геометрофизику» Ю.С. Владимирова. На данный момент не существует теории, в рамках которой бы выводились уравнения Дирака или Шредингера. Они были угаданы – и все! Как говорил Уилер, на данный момент мы не имеем принципов, из которых вытекает квантовая механика. Мы можем сформулировать лишь ее конечный урок, который я приводил выше. Так вот – бинарная геометрофизика вытекает из простого обобщения понятия события, как в КМ, так и в теории относительности. На данный момент это единственная теория, которая получает в рамках своего формализма (который ожидал Эйнштейн еще в 1947 г. в своей «Творческой автобиографии», только не знал, как это осуществить!) уравнения и Дирака, и Шредингера, и Клейна–Фока. Это единственная теория, в которой одновременно вытекает и формализм квантовой механики, теории относительности и теория физических взаимодействий. В ее рамках удастся построить единую теорию физических взаимодействий. Подход Владимирова дает ясное понимание, что такое и КМ и волновая функция. Это некоторый конструкт, который изначально отнесен к *до*-пространственно-временной области бытия. Квантовые элементарные явления «ткут ковер» пространства-времени, как это и видел Эйнштейн, и откуда сразу видна сигнатура пространства-времени $-3 + 1 (+ ---)$.

Бинарная геометрофизика носит все черты метафизической теории. В самом начале этой статьи мы указывали, что любая конкретная наука может и должна опираться на свои, конкретные положения, и в то же время должна воспроизводить, а если точнее, не может противоречить основным, базовым метафизическим положениям. В качестве основных понятий в подходе, развиваемом Ю.С. Владимировым, выступают состояния частиц (микрообъектов). Эти состояния, являясь фундаментальными, не определяются, и само это «понятие состояния должно восприниматься как самое первичное

(примитив теории)» [4, с. 118]. Постулируется наличие двух множеств элементов, вообще говоря, начального и конечного состояний и между ними задается парное соотношение u_{ia} , собственно и описывающее элементарный переход. Это положение отталкивается из эмпирического обобщения, что мир состоит из некоторых, пока не конкретизируемых элементов (проточастиц) и они подвержены изменению. Комплекснозначность означает, с одной стороны, обобщение наших знаний квантовых явлений, с другой стороны, с точки зрения метафизики, попытку применить количественный подход к описанию мира материального, начинать которое и нужно с уровня бытия возможного как источника наличного изменения и становления.

Подчеркивается, что первичные элементарные понятия (параметры элементов) в рамках вводимых Владимировым *бинарных систем комплексных отношений* (БСКО) «ни в коей мере не могут претендовать на статус наблюдаемых понятий в обычном их понимании. Из них строятся некие комбинации, представляющие собой лишь прообразы ряда классических величин. Невозможно поставить эксперимент с целью определения отношений к какой-либо конкретной элементарной базе, то есть выделенного электрона. Наблюдаемыми становятся лишь производные от них понятия после перехода к макрофизике» [5, с. 134–135].

Эти первичные понятия, выступающие как *сущности* частиц, являются, по сути, **трансцендентными** к *наблюдаемому*. Этот характер **трансцендентности** носит в бинарной геометрофизике **явный** характер. Так, пространство–время не является здесь первичным, оно возникает, «разворачивается» в результате отношений между множествами элементарных объектов. Характер же существования их самих носит *надвременной* и *надпространственный* характер. С этой точки зрения, становится хорошо понятным и принцип дальнего действия, являющийся фундаментальным в бинарной геометрофизике. Дальнее действие обусловлено характером непосредственных отношений (взаимодействий) частиц, существующих *вне классического пространства–времени*. Именно это дальнее действие и обнаруживается в нелокальности стандартной квантовой механики, проявляющееся, в частности, в ЭПР-парадоксе. Нелокальность квантовой механики (или прямое межчастичное взаимодействие у Ю.С. Владимирова) выражает как раз факт первичного существования частиц вне обычного пространства–времени, их изначальную отнесенность к иному модусу бытия, трансцендентному модусу бытия.

Наличие трансцендентности не является единственным «метафизическим признаком» этой теории. Между микрообъектами, которые и оказываются по сути трансцендентными в этой теории, как мы уже указывали, задается парное отношение – некоторое комплексное (вещественное) число u_{ia} . Постулируется, что имеется некий алгебраический *закон*, связывающий все эти возможные отношения:

$$\Phi_{(r,s)}(u_{ia}, u_{ib}, \dots, u_{ky}) = 0.$$

Существенным положением теории является требование *фундаментальной симметрии*, состоящее в том, что этот закон справедлив при замене взятого набора элементов на любые другие в соответствующих множествах. Фундаментальная симметрия позволяет записать функционально-дифференциальные уравнения, из них найти вид как парных отношений u_{ia} , так и саму функцию Φ . Этот закон играет ключевую роль в построении бинарной геометрофизики, и именно его можно отождествить с тем формальным принципом, или попросту формой, которая и придает материи качественную и количественную определенность. Элементы множества, которые и описываются этим законом, определены до пространства-времени, то есть трансцендентны по отношению к обычной реальности. Принцип *фундаментальной симметрии* говорит о том, что множество элементов остается себестождественным при всех перестановках его элементов. Сущность этого закона вполне прозрачна, и сущность эта вполне диалектична. С одной стороны, это является обобщением принципа относительности, ковариантности законов физики в различных системах отсчета – при обобщении конкретной эмпирики; а с другой – явным образом отображает те метафизические принципы, о которых говорилось выше. В законе фундаментальной симметрии явно наличествует и движение, как элементарный переход, и возможность перестановки элементов внутри множества Φ . С нашей точки зрения, Ю.С. Владимирову в этом законе фундаментальной симметрии удалось явно схватить и количественно описать основной закон «бытия в возможности». С одной стороны, в рамках этой теории постулируется закон фундаментальной симметрии (как «начало изменения» *физического*) и показано, как отсюда иерархически вытекают пространственно-временные отношения и современные фундаментальные физические теории, то есть теория относительности и квантовая механика, где они не находятся в конфликте, а гармонично описывают разные уровни реальности, а точнее – разные модусы бытия. К тому же здесь и развертывается практически единая теория физических взаимодействий.

Закон фундаментальной симметрии дает не только описание нижних «этажей» реальности, но и в соответствии с принципом «аналогии бытия» отображает и высшее, необходимое, или чистое бытие. Если бы этого не было, у нас не было бы никакой возможности говорить о признаках настоящей метафизической теории. Суть фундаментального закона симметрии состоит в том, что он, точнее, его форма остается неизменной при всех внутренних изменениях внутри него самого. А это и есть экспликация неподвижности и неизменности модуса «Иного», которое он вынужден отображать.

В предыдущих публикациях мы пытались отождествить закон фундаментальной симметрии с самой неизменной и вечной формой. Но это являлось ошибкой. С точки зрения традиционной метафизики, только два «нижних» уровня реальности схватываются в количественном анализе. Само Бытие вечное, чистое бытие является принципиально сущностно качествен-

ным. По сути, на наш взгляд появление бинарной геометрофизики – это настоящий прорыв в современной науке, пока незаслуженно не получивший внимания ни физиков, ни философов. Однако есть все основания полагать, что здесь все дело за будущим.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рене Генон. Очерки о традиции и метафизике. – СПб.: Азбука, 2000.
2. Аристотель. Метафизика / Пер. П. Первого и В. Розанова. – М., 2006.
3. Гайденок П.П. Эволюция понятия науки. – М.: Наука, 1980.
4. Владимиров Ю.С. Фундаментальная физика и религия. – М.: Архимед, 1993.
5. Владимиров Ю.С. Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. – Ч. 2: Теория физических взаимодействий. – М.: МГУ, 1998.
6. Клышко Д.Н. // УФН 164, 1187, 1994.
7. Аристотель. Физика. – М.: Медиум, 1995. – С. 31.

КВАНТОВЫЕ ПАРАДОКСЫ И КОНЦЕПЦИЯ ДАЛЬНОДЕЙСТВИЯ

А.В. Белинский

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Необычное поведение квантовых объектов в традиционно понимаемом пространстве-времени до сих пор не нашло убедительного и исчерпывающего объяснения. Квантовая нелокальность и отсутствие априорных значений измеряемых величин (см., напр., [1]) наводят на мысль поиска их происхождения в фундаментальных физических парадигмах. Даже в ставшей уже классической схеме двухщелевой интерференции одиночных фотонов (или других квантовых частиц) наивно полагать, что фотонное поле «летит» от источника к экрану, проникает через одну и/или другую щель и, наконец, достигает регистратора. Более рельефно абсурдность полевой модели проявляется в интерференционном эксперименте третьего порядка, или в так называемой трехфотонной интерференции [1; 2]. Рассмотрим ее подробнее.

Отсутствие априорного значения числа фотонов до момента их регистрации. Пусть источник света освещает приемник (рис. 1). Постепенно уменьшая интенсивность света, достигаем режима счета фотонов, когда приемник регистрирует минимально возможные порции энергии – кванты. Принято считать, что фотоотсчетам (всплескам фототока приемника) соответствует прибытие фотонов. Но так ли это? Существуют ли кванты в самом световом поле? Приемник измеряет количество фотонов в поле, но существует ли определенное значение этого количества до момента измерения?



Рис. 1. Схема прямого детектирования

Будем повторять эксперимент многократно. Источник можно сделать таким, что в одних повторениях (реализациях) регистрируется по одному фотону, а в других – по два. Например, регистрация излучения идеального лазера со средним числом испускаемых в единицу времени фотонов равным единице, приведет к следующим результатам. Ни одного либо один фотоотсчет будут появляться с вероятностью 0,37; два фотоотсчета – реже – с вероятностью 0,18; три – 0,06, а четыре – вообще один из ста. Это связано с пу-

ассоновской статистикой фотоотчетов когерентного квантового состояния. Что при этом представляет собой световое поле? Казалось бы, то единичные, то парные, то тройные и т. д. фотоны. Однако можно экспериментально доказать, что это не так.

Рассмотрим схему эксперимента по наблюдению интерференции 3-го порядка с использованием эффекта параметрического преобразования света с изменением частоты (рис. 2). Пучок света с частотой f_c в прозрачном нелинейном кристалле с квадратичной нелинейностью (пьезокристалле) порождает два пучка излучения – сигнальный и холостой с частотами f_a и f_b , причем $f_a + f_b = f_c$. Эффективность преобразования накачки (c) в сигнальный и холостой пучки мала: порядка 0,000001%. Поэтому основная доля излучения накачки проходит через прозрачный кристалл, на выходе которого три пучка излучения. Во все три компоненты поля вносятся регулируемые сдвиги фаз Φ_a , Φ_b и Φ_c , после чего они вновь взаимодействуют во втором, точно таком же, нелинейном кристалле. Последний осуществляет обратное преобразование сигнального и холостого пучков в излучение на частоте накачки и прямое преобразование прошедшей первый кристалл накачки. Детекторы на выходе оптической схемы регистрируют интенсивности всех трех пучков. На рис. 2 изображен невырожденный случай, когда пучки неколлинеарны.

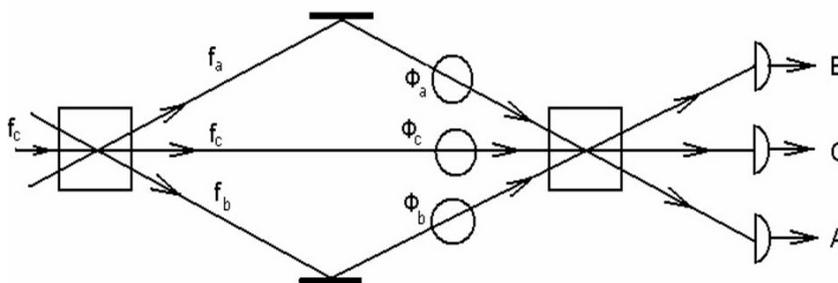


Рис. 2. Схема интерференционного эксперимента, доказывающего априорное несуществование измеряемых величин

Осветим первый кристалл одиночным фотоном.

В [1; 2] показано, что вероятность появления фотоотчетов на детекторе A пропорциональна $1 + \cos(\Phi_a + \Phi_b\Phi_c)$. Это выражение можно интерпретировать как интерференцию с фазой $\Phi = \Phi_a + \Phi_b\Phi_c$. Неучтенный коэффициент пропорциональности определяется эффективностью нелинейного преобразования в кристаллах. Соответствующий интерференционный эксперимент проведен авторами работы [3], и косинусная зависимость от суперпозиции фаз подтверждена.

Попытаемся интерпретировать этот результат в рамках наглядной модели с априори (до момента регистрации детектором) определенным числом фотонов на выходе первого кристалла. Для простоты полагаем квантовую эффективность детекторов равной единице.

В первой серии испытаний убираем второй нелинейный кристалл. При этом фазовые задержки в каналах не влияют и наблюдаются отсчеты или одновременно в обоих детекторах A и B , или в детекторе C . Эта картина согласуется с предположением, что на выходе первого кристалла имеется попеременно то один фотон с частотой f_c , то пара фотонов с частотами f_a и f_b .

Во второй серии испытаний устанавливаем второй кристалл. При этом все три фазы Φ_a , Φ_b и Φ_c влияют на вероятности отсчетов.

Интерференция с единичной видностью, описываемая законом

$$1 + \cos(\Phi_a + \Phi_b \Phi_c),$$

свидетельствует о том, что – изменяя фазовую задержку любой компоненты поля – Φ_a , Φ_b или Φ_c – можно полностью подавить фотоотсчеты (при $1 + \cos(\Phi_a + \Phi_b \Phi_c) = -1$). Сделаем это, и на детекторе A фотоотсчетов не будет. Перекроем свет в промежутке между кристаллами в канале C . Появляются фотоотсчеты в канале A – их вероятность ненулевая. Следовательно, если бы хоть в одной реализации схемы со всеми тремя открытыми каналами отсутствовало поле в канале C , то вероятность фотоотсчетов в детекторе A была бы ненулевой. А она нулевая! И так, поле в канале C (одиночные фотоны накачки) присутствует в *каждой* реализации. Аналогично, перекрывая свет в других каналах, доказываем одновременное присутствие в *каждой* реализации поля в каналах A и B (парных фотонов). Другими словами, если бы при всех открытых каналах в каких-либо реализациях поле отсутствовало, по крайней мере, в одном из каналов, то вероятность фотоотсчетов на детекторе A была бы ненулевой. Значит, поле присутствует в *каждой* реализации во всех трех каналах A , B и C между кристаллами. Об этом свидетельствует и косинусная зависимость $1 + \cos(\Phi_a + \Phi_b \Phi_c)$ вероятности фотоотсчетов от линейной комбинации всех трех фаз: ее нельзя представить в виде суммы вероятностей $P(\Phi_a, \Phi_b)$ и $P(\Phi_c)$. Хотя в эксперименте [3] эта гармоническая зависимость наблюдалась с некоторым постоянным фоном, так что «нулей», строго говоря, не было, последний аргумент не теряет силы.

Таким образом, в поле между кристаллами одновременно должны присутствовать все три фотона. Но это противоречит закону сохранения энергии, поскольку на вход интерферометра подавался один фотон накачки, энергия которого вдвое меньше энергии трех фотонов. Такой эксперимент интерференции поля в состоянии с определенной энергией и неопределенным числом фотонов противоречит модели с определенным априори числом фотонов.

Попробуем объяснить этот результат в рамках полевой модели близкого действия, предполагая существование и интерференцию неких полевых конгломератов, представляющих собой «части фотонов», в сумме дающих постоянное значение энергии поля. В этом случае придется признать, что в схеме на рис. 2 в свободном пространстве между кристаллами присутствуют

все три таких «части фотона» (поскольку поле одновременно должно присутствовать во всех трех каналах). Тогда в первой серии эксперимента (с изъятым вторым кристаллом) эти «части фотонов» при детектировании случайным образом мгновенно складываются то в один, то в два фотона. Но между тремя детекторами можно установить непрозрачные стенки. Как в таком случае поле мгновенно сложится то в один, то в два фотоотсчета? Похоже, что полевая модель близкого действия не может справиться с этой задачей.

На вход подаются единичные фотоны на частоте f_c . Вероятность фотоотсчетов на детекторе А пропорциональна $1 + \cos(\Phi_a + \Phi_b - \Phi_c)$, что свидетельствует об одновременном присутствии поля во всех трех каналах, то есть всех трех фотонов в случае их существования до момента детектирования (точнее, после первого кристалла). Но энергии одного входного фотона достаточно лишь на половину энергии трех фотонов!

Квантовая нелокальность. Рассмотрим эксперимент с интерферометром Маха–Цендера (рис. 3). Подадим на него однофотонное состояние и уберем вначале второй светоделитель, расположенный перед фотодетекторами. Детекторы будут регистрировать одиночные фотоотсчеты либо в одном, либо в другом канале, и никогда оба одновременно, так как на входе – один фотон.

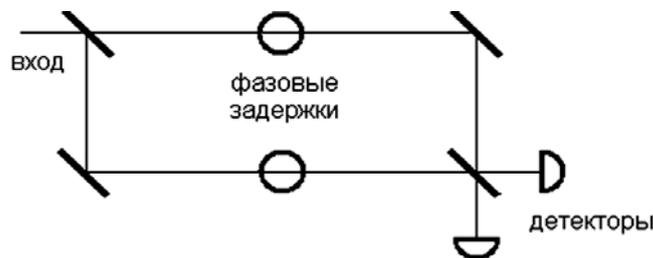


Рис. 3. Схема интерферометра Маха–Цендера

Вернем светоделитель. Вероятность фотоотсчетов на детекторах описывается гармонической функцией $1 \pm \cos(\Phi_1 - \Phi_2)$, где Φ_1 и Φ_2 – фазовые задержки в плечах интерферометра. Знак зависит от того, каким детектором ведется регистрация. Эту гармоническую функцию нельзя представить в виде суммы двух вероятностей $P(\Phi_1) + P(\Phi_2)$. Следовательно, после первого светоделителя фотон присутствует как бы в обоих плечах интерферометра одновременно, хотя в первом акте эксперимента он находился только в одном плече. Это необычное поведение в пространстве и носит название *квантовой нелокальности*. Ее нельзя объяснить с позиций привычных пространственных интуиций здравого смысла, обычно присутствующих в макромире. Причина, по-видимому, состоит в том, что векторы квантовых состояний принадлежат гильбертову векторному пространству, для которого пространственная локальность вовсе не является обязательной. Кроме того,

совершенно очевидно, что попытки интерпретации эксперимента посредством полевой модели ближкодействия с «частями» фотонов, как и в предыдущем случае, ведут к абсурду.

Вот еще один пример квантовой нелокальности (рис. 4) [4].

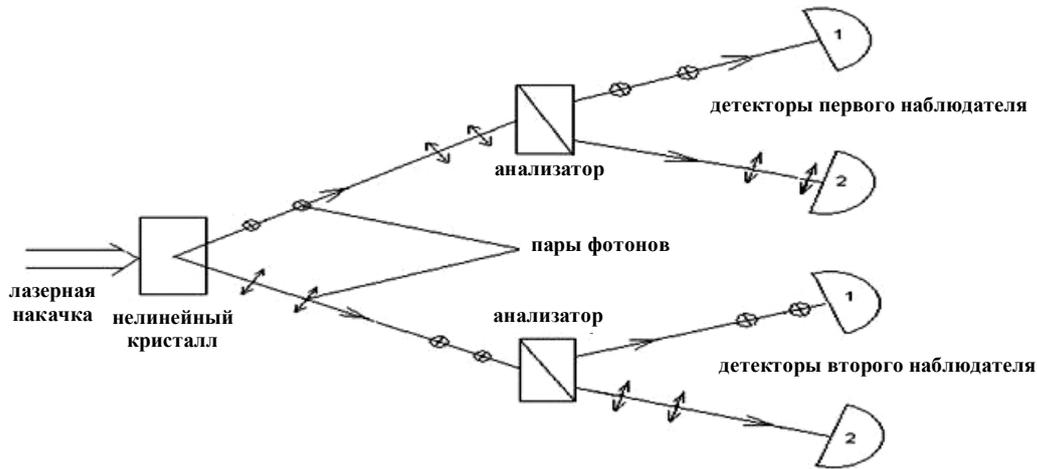


Рис. 4. Эксперимент с парами одновременно испускаемых фотонов

При том что на рис. 4 у фотонов показаны определенные поляризации, реально до момента регистрации хотя бы одного фотона ни у одного из фотонов пары нет определенной поляризации. Тем не менее их поляризации всегда оказываются взаимно ортогональными. В момент регистрации одного из фотонов пары происходит мгновенное изменение состояния второго фотона – он получает определенную поляризацию.

В некоторых кристаллах реализуется так называемый второй тип параметрического взаимодействия, когда фотоны плоско-поляризованного лазерного света распадаются на пары рассеянных фотонов с взаимно ортогональными поляризациями. Рождение пары происходит одновременно, но поляризация каждого фотона заранее неизвестна. Например, один из пары может после анализатора попасть на детектор 2 первого наблюдателя, что соответствует поляризации в плоскости рисунка, тогда как второй фотон при этом *необходимо* попадет на детектор 1 второго наблюдателя, что соответствует взаимно ортогональной его поляризации. С вероятностью 1/2 может наблюдаться взаимно обратная ситуация (сработает детектор 1 первого наблюдателя, и 2 – второго). Если интерпретация результатов эксперимента, описанного в первом подразделе, правильна, то можно считать, что *априори*, то есть до момента регистрации хотя бы одного из фотонов пары, определенной поляризации каждого из фотонов пары не существовало. В момент же регистрации – срабатывания детектора в одном из каналов – происходит так называемая редукция квантового состояния: если второй фотон пары еще не достиг детектора, то с вероятностью единица он приобретает поляри-

зацию, взаимно ортогональную зарегистрированной у первого. Согласно общепринятому мнению, подтвержденному экспериментально, редукция происходит мгновенно (конечно, в пределах возможностей экспериментаторов). Фотоны пары могут разлететься на несколько километров друг от друга, но «информация» о результате детектирования первого фотона мгновенно изменяет квантовое состояние второго: оно становится состоянием с определенной поляризацией.

Можно ли при этом говорить о сверхсветовой скорости передачи информации при помощи параметрического рассеяния света? По-видимому, это невозможно. Дело в том, что для функционирования линии связи между удаленными наблюдателями пар фотонов, они, помимо детекторов, должны еще располагать и «телефоном», ибо, не имея сведений о результате детектирования первого фотона, наблюдатель второго видит фактически случайный сигнал с равновероятной (1/2) поляризацией.

Очевидно, также, что полевая модель близкого действия не может объяснить мгновенную (без запаздывания) редукцию квантового состояния.

Парадокс Белла. В несколько упрощенном виде вариант одного из экспериментов по проверке теоремы Белла для двух наблюдателей представлен на рис. 5.

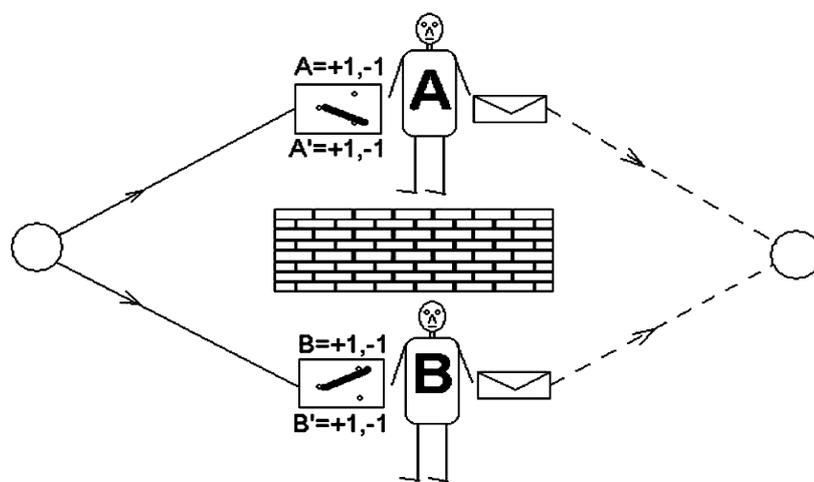


Рис. 5. Схема эксперимента проверки неравенства Белла

Источник света одновременно испускает пары фотонов, один из которых направляется к первому наблюдателю – A , а второй – к B . У каждого наблюдателя имеется измерительный прибор, регистрирующий фотоны. Он может работать в двух режимах (символически это показано в виде двух положений переключателя, аналогично переключателю диапазонов радиоприемника). Прибор устроен так, что в результате регистрации фотона мы получаем бинарную информацию типа «да–нет». Удобнее обозначить результат измерения как $+1$ либо -1 . Наблюдатели ведут протокол измерений, в

котором они указывают время регистрации фотона и результат регистрации (+1 или -1). Если регистрация произошла в режиме «верхнего» положения переключателя, то результат +1 у первого наблюдателя записывается как $A = +1$, если в режиме «нижнего» положения, то $A' = +1$. Аналогично у второго наблюдателя. Между собой наблюдатели не сообщаются (символически – между ними кирпичная стена). Протоколы измерений они направляют координатору (кружок справа). Координатор берет результаты одновременных измерений и составляет из них произведения типа AB или AB' (всего четыре варианта) в зависимости от режима, в котором происходила регистрация. Предварительно план эксперимента согласуется с наблюдателями: когда им следует производить переключения режимов. Эти произведения усредняются, и из них составляется так называемое неравенство Белла: $S = (\langle AB \rangle + \langle A'B \rangle + \langle AB' \rangle - \langle A'B' \rangle) / 2$ по абсолютной величине не превосходит единицы. Угловыми скобками обозначена операция усреднения.

Вывести неравенство Белла очень просто [5]. Предположим, что результат измерения каждого акта испускания фотонных пар полностью предопределен источником в момент их испускания, и источник не подвержен какому-либо влиянию со стороны измерительных приборов и наблюдателей. Тогда все возможные результаты измерений (значения A , A' , B и B') предопределены. Поскольку их значения равны +1 или -1, величина S также равна +1 или -1, соответственно, и усреднение не может вывести S из интервала $[-1, +1]$.

При определенных условиях неравенство Белла может нарушаться (см., напр., [6–12]). Это означает, что фотоны пары ведут себя не как независимые объекты, но как коррелированная система, то есть результат регистрации фотона у первого наблюдателя (+1 или -1) как бы моментально становится «известен» второму фотону, хотя они могли уже разлететься на очень большое расстояние. Например, в экспериментах [9; 10] расстояние между наблюдателями А и В составляло более 10 км. Использовалась так называемая схема интерференции Франсона, в которой каждый наблюдатель принимает фотон на вход интерферометра Маха–Цендера. Разность хода в плечах этих интерферометров выбиралась большей длины когерентности, так что обычная однофотонная интерференция, которая обсуждалась в начале раздела о квантовой нелокальности (см. рис. 3), отсутствовала. Тем не менее квантовая корреляция между разлетевшимися на 10 км фотонами оставалась и неравенство Белла нарушалось.

Этому факту существует несколько объяснений. Первое – состоит в формальном утверждении, что измеряемых значений параметров фотонов просто не существует. Это концепция отсутствия априорных значений параметров. Однако при этом невыясненным остается вопрос о природе связи между параметрами, которых не существует!

Второе объяснение привлекает таинственную взаимосвязь неизвестной природы между разлетающимися фотонами, происходящую мгновенно между пространственно удаленными объектами, – это квантовая нелокальность, о которой упоминалось выше.

Третье – предполагает, что одна из пары разлетающихся частиц «живет» в «отрицательном времени» – из будущего в прошлое. Это означает, что она рождается в детекторе и летит к источнику. В момент встречи в источнике рождается вторая частица. Поскольку первая для нас существует как на киноплёнке, запущенной в обратную сторону, нам кажется, что обе частицы рождаются одновременно в источнике.

Но на описанные эксперименты можно взглянуть иначе. В приведенных умозаключениях использовались традиционно понимаемые пространство и время, в которых в рамках концепции близкодействия реально существует световое поле. Эти послышки, однако, принимаются не всеми физиками. Например, в монографиях профессора Московского университета Ю.С. Владимирова [13; 14] развивается теория, согласно которой всеобщего пространства и времени в микромире не существует. Такой подход, как представляется, разрешает квантовые парадоксы, поскольку снимается само понятие *априорности* в отсутствие времени в микромире. Время (и пространство) возникает лишь как результат некоторого усреднения «индивидуальных времен» большого количества элементарных частиц, характерного уже для макрообъектов. При этом успешно может быть использована концепция дальнего действия.

Для нас же важно и то, что в настоящее время серьезно обсуждаются возможности существования объектов вне пространства-времени, и что пространство-время в макромире можно вводить не аксиоматически, а выводить из более фундаментальных понятий. Еще раз в этой связи подчеркнем, что векторы квантовых состояний, принадлежащие гильбертову векторному пространству, не подвержены стандартным пространственно-временным ограничениям.

Теорема Белла с учетом потерь. Нарушение неравенства Белла, зарегистрированное в экспериментах [6], опровергающее теорию скрытых параметров, подверглось последующей критике, поскольку наличие потерь позволяет эти результаты формально объяснить локальной теорией скрытых параметров (см., напр., [7; 8] и цитируемую там литературу). В [1; 15; 16] показана возможность реабилитировать эксперименты [6].

Последние примерно 10 лет ведутся довольно интенсивные дорогостоящие попытки экспериментального опровержения теории скрытых параметров в схемах с высокоэффективными детекторами (см., напр., [12]). Изложенные в [1; 15; 16] соображения позволяют снизить требования к квантовой эффективности детекторов для экспериментального опровержения локальной теории скрытых параметров.

Квантовый парадокс Зенона. Этот парадокс формулируется так [17]: повторяющееся (в пределе – непрерывное) измерение квантовой системы препятствует ее переходу в другое состояние. Другое его название – *эффект сторожевой собаки*. Он выводится из квантовой теории измерений, в частности из постулата фон Неймана. С одной стороны, это звучит неожиданно,

поскольку, например, наблюдая за Луной, вряд ли можно ожидать изменения ее траектории. Но, с другой стороны, и в обыденной жизни мы знаем, что если напряженно, не отрывая глаз, ждать, когда закипит чайник, ожидание покажется бесконечным, как и сверление больного зуба, хотя, казалось бы, надо потерпеть чуть-чуть.

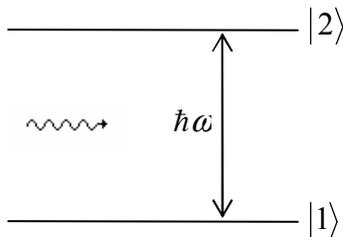


Рис. 6. Двухуровневый атом в поле резонансного излучения

В качестве простого примера рассмотрим в начале двухуровневый атом, то есть имеющий две электронные орбиты: нижнюю – стабильную, и верхнюю, соответствующую возбужденному состоянию, которое через некоторое время переходит в стабильное, что сопровождается излучением фотона света с частотой резонансного излучения (рис. 6). Если теперь осветить этот атом извне таким же резонансным излучением, то

электрон атома начинает периодически переходить с нижней орбиты на верхнюю и обратно. При этом говорят, что атом гармонически осциллирует между уровнями с так называемой частотой Раби Ω .

Теперь произведем измерение состояния атома. Пусть в результате измерения через небольшой промежуток времени Δt с момента $t = 0$, когда атом находился в основном состоянии, мы установим, что атом продолжает находиться в основном (нижнем) состоянии. Тогда эволюция начнется снова – уже не с момента времени $t = 0$, а с $t = \Delta t$, то есть измерение приведет к задержке по времени на Δt . Если за атомом наблюдать непрерывно ($\Delta t \rightarrow 0$), то эволюция атома вообще прекратится, несмотря на наличие резонансного излучения. Правда, в реальном эксперименте этого добиться трудно, а вот существенное замедление эволюции зарегистрировано [18].

Итак, в противовес формальной логике мы получили несомненную зависимость динамики объекта от наличия наблюдателя, производящего измерение. Но как произвести такое наблюдение? Можно взять атом с тремя уровнями [19], расположенными в соответствии с рис. 7. По наличию излучения, соответствующего переходу $|2\rangle \rightarrow |3\rangle$, можно заключить о том, что атом находился в возбужденном состоянии.

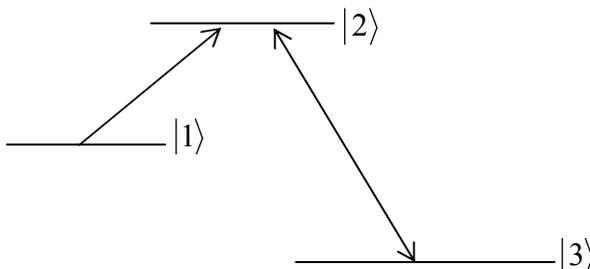


Рис. 7. Трехуровневая Λ -конфигурация

Уровень $|2\rangle$ нестабильный и может спонтанно распадаться на уровень $|3\rangle$, который никак более не участвует в динамике системы. Исходно атом приводится в состояние $|1\rangle$. Резонансное излучение на частоте перехода $|1\rangle \leftrightarrow |2\rangle$ может перевести

атом в состояние $|2\rangle$, однако вероятность этого перехода уменьшается с ростом эффективности спонтанного перехода $|2\rangle \rightarrow |3\rangle$, который является измерением состояния атома по регистрации спонтанных фотонов на частоте ω_{23} .

Каким же будет результат подобного эксперимента? Система «замораживается» на уровне $|1\rangle$ при наличии возможности ее моментального перехода (измерения) с уровня $|2\rangle$ на уровень $|3\rangle$. Это пример реализации парадокса Зенона при непрерывном измерении – слежении за испусканием спонтанных фотонов на частоте ω_{23} . Хотя самого слежения фактически может и не быть. Важно, что имеется потенциальная возможность такого слежения. Еще раз остановимся на необычности эффекта. Мы имеем возможность двух последовательных переходов: $|1\rangle \rightarrow |2\rangle \rightarrow |3\rangle$. Казалось бы, чем «легче» переход $|2\rangle \rightarrow |3\rangle$, тем лучше для всего каскада двух процессов. Но это не так: переход $|2\rangle \rightarrow |3\rangle$ тормозит переход $|1\rangle \rightarrow |2\rangle$, то есть переходы не являются статистически независимыми. Здесь мы вновь сталкиваемся с парадоксальной, с точки зрения житейского опыта, ситуацией, когда возможность наблюдения за системой кардинально меняет ее поведение, а в последовательном каскаде двух, казалось бы, независимых процессов второй по времени может радикально влиять на первый. В этом необычном поведении системы во времени можно усмотреть и нарушение причинности.

Кроме того, объект наблюдения и измеритель в рассмотренных иллюстрациях квантового парадокса Зенона образуют неделимую, с точки зрения результата эксперимента, систему, то есть представляют собой так называемый *холон* [20]. Холоном является и каскад двух последовательных процессов $|1\rangle \rightarrow |2\rangle \rightarrow |3\rangle$. Следовательно, холоны могут связывать воедино не только пространственно разделенные объекты, но и процессы, происходящие в разные моменты времени. Здесь можно, по-видимому, говорить о своего рода «дальнем действии во времени», когда начальное и конечное состояния системы оказываются как бы связанными между собой без посредника – промежуточного состояния.

Еще раз подчеркнем, что концепция дальнего действия не только дает более разумное представление о происходящем, но и стимулирует поиски более фундаментальной физической реальности, нежели пространство-время, на основании которой это пространство-время может быть получено «на кончике пера», поскольку традиционно понимаемые пространство-время макромира не вмещают парадоксального поведения квантовых объектов [21].

ЛИТЕРАТУРА

1. Белинский А.В. Квантовые измерения. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.
2. Belinskii A.V., Klyshko D.N. // Laser Physics. – 6, 1082. – 1996.
3. Burlakov A.V., Chekhova M.V., Klyshko D.N., Kulik S.P., Penin A.N., Shih Y.H., Strekalov D.V. // Phys. Rev. A. – 1997. – 56, 3214.
4. Belinskii A.V. // Laser Physics. – 2002. – 12, 939.

5. Клышко Д.Н. // УФН. – 1994. – 164, 1187.
6. Aspect A., Grangier P., Roger G. // Phys. Rev. Lett. – 1981. – 47, 460; Aspect A., Dalibard J., Roger G. // Phys. Rev. Lett. – 1982. – 49, 1804.
7. Белинский А.В. Письма // ЖЭТФ. – 1996. – 64, 294.
8. Белинский А.В. // УФН. – 1997. – 167, 323.
9. Tittel W., Brendel J., Gisin B., Zbinden H., Gisin N. // Phys Rev. A. – 1998. – 57, 3229.
10. Tittel W., Brendel J., Zbinden H., Gisin N. // Phys Rev. Lett. – 1998. – 81, 3563.
11. Kwiat P.G. et.al. // Phys Rev. A. – 1999. – 60, 773.
12. Brida G. et.al. // Phys. Lett. A. – 2000. – 268, 12.
13. Владимиров Ю.С. Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. – Ч. 1: Теория систем отношений. – М.: МГУ, 1996.
14. Владимиров Ю.С. Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. – Ч. 2: Теория физических взаимодействий. – М.: МГУ, 1998.
15. Белинский А.В. // УФН. – 2003. – 173, 905.
16. Белинский А.В. // Оптика и спектроскоп. – 2004. – № 5. – 96, 732.
17. Misra B., Sudarshan E.C.G. // J. Math. Phys. – 1977. – № 18. – P. 756.
18. Itano W.M., Heinzen D.J., Bollinger J.J. et. al. // Phys. Rev. A. – 1990. – 41, 2295.
19. Менский М.Б. Квантовые измерения и декогеренция. – М.: Физматлит, 2001.
20. Московский А.В. От метафизики к физике // Седьмые Международные Рождественские образовательные чтения. Христианство и наука: Сборник докладов Конференции. – М.: Просветитель, 2000. – С. 196–204; Московский А.В. Существует ли научная альтернатива дарвиновской концепции эволюции // Девятые Международные Рождественские образовательные чтения. Христианство и наука: Сборник докладов Конференции. – М.: Просветитель, 2001 – С. 297–321; Московский А.В. Квантовая телепортация: От физики к метафизике // Десятые Международные Рождественские образовательные чтения. Христианство и наука: Сборник докладов Конференции. – М.: Просветитель, 2003. – С. 341–356.
21. Белинский А.В. Квантовые парадоксы и кризис традиционно понимаемой концепции пространства-времени // Основы физики и геометрии. – М.: РУДН, 2008. – С. 75–88.

О МЕТОДОЛОГИИ СТРУННОЙ ПРОГРАММЫ

А.А. Элиович

Российский университет дружбы народов

Есть основания полагать, что мы живем в предреволюционную эпоху. По мнению ряда ведущих теоретиков, физика сегодня находится в кризисе. Стивен Вайнберг оценил последние 25 лет теоретической физики как самые бесплодные со времен Галилея. Фундамент современной физики расколот глубокой трещиной, и с каждым десятилетием нерешенность этой проблемы становится все более вызывающей. Речь идет о коренной математической, логической и идейной несовместимости двух основополагающих теорий: общей теории относительности и квантовой теории поля. На решение этой проблемы претендует в первую очередь программа суперструн и мембран – мэйнстрим фундаментальной физики. Однако после трех десятилетий невиданных в истории физики усилий она так и не дала того, что обещала. Все чаще активные разработчики этой программы высказываются пессимистически относительно создания единой физической картины мира в обозримом будущем.

Очень похоже, что мы имеем дело не с временным затруднением, а с кризисом оснований физики, подобно тому, как в начале XX в. ученые столкнулись с кризисом оснований математики. Это утверждение, если оно верно (ниже мы выдвинем ряд аргументов в его пользу), подводит к важному выводу. История науки показывает, что в принципиальных, переломных ситуациях недостаточно поисковой теоретической и экспериментальной активности, это лишь надводная часть требуемых работ. Всякое существенное продвижение естествознания требовало глубоких и болезненных изменений – проверялась корректность поставленных в нем вопросов и используемого гносеологического инструментария, переосмысливались представления о допустимых в науке «правилах игры», понимание ее задач и границ. Все это – предмет методологии, которую часто и совершенно незаслуженно путают с философией или даже с методикой. По сравнению с абстрактной философией рассуждения здесь несопоставимо строже и конкретнее, по сравнению с собственно наукой – проводятся на метауровне, уровне рефлексии. Методология – это размышления о научном методе, наука обо всем том, что мы имеем в виду, когда говорим слово «наука».

О методологии вполне можно забыть в спокойные эпохи, но в переломные именно здесь происходят ключевые события. Ярчайшее и важнейшее в истории физики методологическое суждение – Ньютоновское «*hypothesis non fingo*». В галерее методологии – критика Маха, нащупавшая уязвимые места в классической механике; проведенный Эйнштейном анализ измери-

мости метрики пространства-времени посредством отсчетов и обменов сигналами, показавший, что абсолютная одновременность – своего рода пятый постулат ньютоновской механики; его же рассуждения, выявившие, что расширение теории относительности на ускоренные системы отсчета ведет к идее о геометрической природе гравитации; анализ процедуры измерения Бора и Гейзенберга, давший принципы дополнительности и неопределенности, после которых стали ясны те глубокие новации, которые внесла в физику квантовая механика; анализ Бором и Розенфельдом измеримости полей, открывший дорогу квантовой теории поля. Принципиальная дискуссия Бора с Эйнштейном, более поздняя критика Эйнштейном неполноты квантовой механики, значение которой покажет лишь время, также были методологическими по своей сути. Методология, в противовес обычному мнению, не ограничена сферой частных наук. Критическая философия Иммануила Канта произвела революцию в философии и человеческом мышлении в целом именно потому, что представляла собой развернутый методологический анализ возможностей и границ научного познания.

История физики показывает, что всякое существенное продвижение в естествознании требует поднятия размышлений на уровень методологии. В разительном контрасте с этим в настоящее время теоретическая методология находится в руинах, поскольку ее мейнстрим – линия Поппер–Кун–Лакатос–Фейерабенд, дав немало интересных и глубоких идей, зашла в тупик. Это неудивительно, поскольку позитивизм и постпозитивизм были попыткой создания работоспособной модели развития науки в рамках эмпирической традиции, что едва ли возможно.

Основная идея статьи состоит в том, что наблюдаемые ныне затруднения фундаментальной физики требуют существенных корректив не только в теории, но и в современных методологических представлениях, ибо в малоосознаваемой, но значительной степени порождены ими.

Для обоснования этой идеи мы покажем, что пробуксовка программы суперструн-мембран существенно связана с узостью и ограниченностью ее методологии. Как следствие, можно ожидать, что затруднения скорее будут углубляться, чем будут сняты по мере нарастания математической мощи струнной программы (по крайней мере, пока не будут произведены существенные коррективы в ее идеологии и методологии).

Далее мы покажем, что проблема связана не с частными особенностями струнной программы, а с *тревожащей деформацией соотношения между современной физикой и математикой*; ее неочевидная причина – *крушение классического идеала научной истины и недостаточно осознанная неэффективность принятых вместо него косвенных критериев истины*.

В завершение мы попробуем определить действительное место струнной программы в истории физики, найти ее предшественников, сходных с нею прежде всего в методологическом плане, что позволит более свободно оценить настоящее и будущее фундаментальной физики.

Квантовая гравитация как принципиальная оппозиция. Прежде чем пытаться объективно оценить состояние и перспективы струнной (мембранной) программы, нужно увидеть всю сложность решаемой задачи – синтеза квантовой механики и теории гравитации. Ее источник – несколько взаимосвязанных причин:

1. При добавлении квантовых флуктуаций в теорию гравитации пространство-время должно «вспениваться», теряя гладкость и приобретая стохастичность. Как следствие, перестают работать методы дифференциальной геометрии, созданные для гладких многообразий.

2. Время носит совершенно разный характер в квантовой и релятивистской теориях. В квантовой механике время – особый параметр эволюции, резко отличный от пространственных координат; динамика задается посредством гамильтониана в качестве генератора унитарной временной эволюции. В теории относительности время – лишь одна из четырех координат. В ситуации квантовой гравитации пространство и время теряют свою фундаментальность, заменяясь неизвестной более общей концепцией, что усиливает этот конфликт. Как отмечал Дэвид Гросс, «у нас нет ни малейшей идеи, как формулировать физику, если время не фундаментально» [10].

3. В квантовой теории измерений ψ -функция, как стало ясно после дискуссии вокруг парадокса Эйнштейна–Подольского–Розена, живет фактически в абсолютном пространстве и времени Ньютона. Это не ведет к нарушению теории относительности, поскольку с помощью редукции волновой функции невозможно передать информацию. Бор показал, что данная методологическая несогласованность квантовой механики и теории относительности не создает никакого противоречия физического характера; иначе говоря, в квантово-релятивистской парадигме нет грубых дыр. Однако концептуальная проблема налицо и, как показывает история физики, именно в подобных плохо сшитых местах впоследствии взрываются бомбы. Белл, как известно, пытался решить проблему, предположив, что возмущения волновой функции, вызванные ее редукцией, распространяются со скоростью света. Эта идея выразилась в виде знаменитых неравенств Белла. Эксперимент, однако, показал, что идея Белла не выполняется и проблема по-прежнему не решена.

Просуммируем эти соображения, переведя рассуждения на метауровень методологии. По мнению автора, *источник трудности синтеза квантовой механики и теории гравитации состоит в том, что эти теории представляют две стороны фундаментальной оппозиции субъект–объект («зрители–сцена»)*. Это – ключевая оппозиция всей теории познания. Классическая физика ее игнорировала, поскольку субъект мыслился неким всевидящим и при этом незримым бестелесным духом, то есть никоим образом не входил в предмет физики. Квантовая механика покончила с подобным призрачным субъектом, включив гносеологическую оппозицию в тело теории. Субъект в квантовой механике уже активно вторгается в явления и процессы, но стоит

особняком от них, он пока еще выступает как надфизический фактор. Это выражается в двух моментах.

Первая, довольно тонкая сторона надфизичности субъекта в квантовой механике состоит в том, что детектор, будучи субъектом измерений, не может быть их объектом, то есть не может быть представлен в виде суперпозиции волновых функций частиц, из которых он состоит. Иначе он просто не сможет ничего детектировать. Точно так же не может быть продетектирован сам процесс детектирования. Данное положение, по мнению автора, перекликается с важнейшей идеей теории познания Иммануила Канта, согласно которой все может быть познано разумом – кроме источника самого разума. Познается все, кроме интимного процесса собственно познания и его источника; отрицание этого ограничения ведет к логическому кругу. (Не могут стать объектом познания и ряд других сходных вопросов, выходящих за пределы природы, – то есть области всякого возможного опыта. В этом и только в этом смысле, по Канту, человеческое познание принципиально неполно.) В настоящее время трудно судить, является ли неполнота квантовой механики в данном отношении недостатком или, напротив, ее скромность свидетельствует о достижении естествознанием методологической зрелости. Станет ли возможным в будущем включить в тело физики процесс детектирования и сам детектор полностью и непротиворечиво, или некий момент надфизического характера не может быть устранен – это вопрос вопросов, эквивалентный проблеме границ науки.

Второй, более грубый аспект надфизичности субъекта в квантовой механике связан с тем, что ее аппарат не знает никаких процессов, кроме эволюции волновой функции и ее редукции. При этом, строго говоря, источником всех событий в квантовой механике является лишь познающий субъект. По словам Паули, «Нечто реальное происходит только в том случае, когда производится наблюдение, и в связи с этим... энтропия необходимо возрастает. Между наблюдениями вообще ничего не происходит» (цит. по [6]). Попытки расширить понятие детектора, включив в него макросистемы со встроенной необратимостью (благодаря наличию неустойчивых состояний), пока что не расширяют сферу действия квантовой механики, а вносят в нее логический беспорядок. В современной квантовой теории только познающий субъект осуществляет акты редукции волновой функции, вне которых происходит лишь ее гладкая эволюция согласно уравнению Шредингера. Эволюция приводит к быстрому расплыванию волновой функции, из-за чего уравнение Шредингера теряет свою информационную ценность (предсказательную силу).

Надфизичность субъекта в обоих смыслах влечет за собой довольно странные и неприятные последствия при попытке рассмотрения квантовой космологии. Использование квантовой механики как инструмента описания Мира в его полноте с необходимостью вводит в контекст естествознания радикальный сверхфизический фактор. В самом деле, по первому аспекту де-

тектор не есть сумма квантовых частиц, а при учете второго аспекта он и не может быть создан никаким их соединением (что гораздо существеннее). Ведь согласно квантовой механике может происходить лишь эволюция волновой функции или ее редукция. И то и другое есть лишь некоторое преобразование волновой функции, а не создание детектора – довольно загадочной вещи в себе, в принципе не описываемой ψ -функцией. Возникает странная нестыковка, которую отмечали ряд авторов, ее можно назвать *проблемой первого наблюдателя*. Применение квантовой механики корректно только вместе с выводом, что наш мир есть лишь неопределенное облако интерферирующих возможностей, заданных эволюцией волновой функции. Реально же мы живем в мире, в котором происходят события и наличествуют наблюдатели. Синтез гравитации и квантовой теории должен включать в себя удовлетворительное решение этой проблемы.

Ее можно снять простым и очевидным образом, не требующим модификации релятивистской и квантовой теорий, – допустить, что как минимум один высший Субъект существовал предвечно и именно это снабдило наш мир событийностью. (В этом смысле Большой Взрыв предстает Большой Редукцией исходной волновой функции Мира.) Хотя такая картина выглядит весьма возвышенной, столь сильные философские выводы, решающие извечный спор идеализма и материализма, чрезвычайно подозрительны с точки зрения методологии. В общем-то, мы имеем лишь очередной вариант «бога из машины». Верховный субъект здесь нужен для сведения концов с концами, подобно Богу – источнику движения у Аристотеля и Богу – носителю ткани пространства и времени у Ньютона.

Популярная концепция множественных миров Эверетта (часто рассматриваемая как экстравагантное, но надежное средство от квантовых парадоксов), на взгляд автора, не вполне решает данную проблему. Ведь замена редукции ψ -функции на расщепление Вселенной, допущение возможности расщепления детектора не объясняет возникновение детектора из квантовых объектов и, следовательно, возможность измерения вообще (неважно, редукции или расщепления). К тому же способ решения проблемы посредством бесконечного размножения миров в методологическом плане выглядит дурным тоном.

На более конкретном уровне приведенные выше соображения, по мнению автора, означают, что *создание «теории Всего»*, должно *сопровождаться существенным продвижением в релятивистской квантовой теории измерений* (имеется в виду как частная, так и общая теории относительности). Подобный прогресс, как видно из вышеизложенного, требует существенной логической перестройки квантовой теории и теории относительности. Фактически это мягкая форма тезиса о назревающей революции. Поскольку перестройка теории измерений должна затронуть вопрос о создании (распаде) детектора из микрочастиц, то есть фактически вопрос о рождении (смерти) наблюдателя, это, по мнению автора, означает, что *революция в*

квантовой космологии неожиданным образом приведет к кардинальным изменениям в такой, казалось бы, далекой науке, как биология. Иначе говоря, революция будет иметь общенаучный, а не узкофизический характер.

Успехи калибровочных теорий, Великого объединения были достигнуты без исследования трудной проблемы релятивистской квантовой теории измерений (если не считать предшествующий квантовой теории поля анализ Бора и Розенфельда). Однако в квантовой гравитации подобный простой путь, по-видимому, не самый лучший. (Первым, кто осознал эту принципиальную трудность, был трагически погибший М.П. Бронштейн.) Данное обстоятельство – одна из нескольких причин, побуждающих думать, что пробуксовка струнной (мембранной) программы вызвана не только объективной трудностью задачи, но и избранным направлением поиска.

Струнная программа. Отметим прежде всего, что струнная (мембранная) программа вызывает весьма приятное первое впечатление. Главное ее достоинство – естественная связь с предшествующей физикой, которая вместе с мощными математическими методами объясняет ее статус авангарда и мэйнстрима современной теоретической физики. По сути, меняется только модель фундаментальных объектов – вместо точечных частиц в качестве первоэлементов теперь берутся струны, колебания которых воспринимаются как базисные частицы. Эта идея, побуждающая вспомнить о Пифагоре, выглядит совершенно естественным средством от расходимостей. Кроме того, используется довольно красивая идея суперсимметрии, которая выглядит также весьма логичным расширением алгебры Пуанкаре.

Никакие основополагающие принципы физики не отменяются и новые (если не считать суперсимметрию и расширение размерности пространства-времени) не вводятся; при этом получается на удивление много результатов. Теория суперструн полностью удовлетворяет принципу соответствия: она на больших расстояниях переходит в теорию Эйнштейна и является квантовой теорией, не содержащей бесконечностей (это выяснилось в 1984 г. во время т.н. первой суперструнной революции). То есть, как минимум, теория суперструн предлагает одно из решений проблемы квантовой гравитации. Очень важно, что она кроме гравитации порождает и большое количество структур, необходимых для построения калибровочных полей, кварков и лептонов. Удастся также подсчитать энтропию одного (правда, нереалистического) класса черных дыр и получить известную формулу Бекенштейна-Хоукинга. Напротив, альтернативные подходы к квантованию гравитации предлагали существенные изменения основных принципов физики, что приводило к серьезным проблемам (нарушение причинности, отрицательные энергии или вероятности и т. п.) [7].

Дальнейшая история примерно такова. Выяснилось, что может быть построено пять разных классов суперструнных теорий, приблизительно равных в плане своей физической пригодности. Во время второй суперструнной революции было обнаружено, что эффективная размерность пространства-

времени способна меняться в зависимости от энергии процесса и при высоких энергиях струны могут превращаться в объекты большей размерности – мембраны, что связывает струны разных типов между собой. Была выдвинута идея, что все пять классов струнных теорий являются низкоэнергетическими приближениями некоей фундаментальной М-теории («М» значит мембранная, материнская, мистическая или матричная).

Как развитие этой идеи в программу вошла идея динамического порождения пространства-времени. По словам Брайана Грина, «так как гравитация связана с формой пространства и времени, мы не должны ограничивать теорию, заставляя ее действовать в уже существующих рамках пространства-времени. Вместо этого... мы должны позволить теории струн *создавать* ее собственную пространственно-временную арену, начиная с конфигурации, в которой пространство и время отсутствуют» [8]. Отсюда возник интерес к мембранам произвольной размерности (бранам), включая браны нулевой размерности (нуль-браны). На больших расстояниях они ведут себя подобно точечным частицам, но на малых имеют особые свойства, изучение которых привело к включению в программу некоммутативной геометрии (координаты-числа в ней заменены некоммутирующими матрицами).

Предполагается, что история мира началась с некоей, возможно бесконечномерной, унитарной матрицы, эволюция которой породила сначала расширенное 11-мерное пространство-время, которое затем скомпактицировалось до известных нам $3 + 1$ измерений. Другой вариант – идея, что дополнительные размерности не обязательно должны быть закольцованы в структуры планковских размеров (многообразия Калаби-Яу). Некоторые из этих размерностей могут иметь большой масштаб или даже быть бесконечными и при этом никак не восприниматься, поскольку мы прикованы к бране – гиперповерхности, представляющей наше пространство-время.

Дополнительная красивая геометрическая идея – суперструнная дуальность. Выяснилось, что свойства струн в сверхмалых масштабах (меньше планковских) в ряде отношений аналогичны свойствам струн в больших [11]. Это создало новые возможности для удобных математических расчетов, а также вызвало ряд спекуляций философского характера.

Вторая суперструнная революция, предложив широкую программу далеко идущих математических исследований, вызвала большой энтузиазм (на его волне была написана замечательная книга Брайана Грина «Элегантная Вселенная» [8]). Со временем воодушевление поутихло. По-видимому, одна из причин этого – постепенное осознание, что по мере математического развития теории снижается ее концептуальная жесткость и, следовательно, предсказательная сила. Яркое проявление – проблема суперструнного ландшафта. Выяснилось, что существует как минимум 10^{500} разных метастабильных решений теории струн («вакуумов») с положительными космологическими константами [10]. Это так много, что нет никакого образного способа передать всю чудовищность этого числа. Все эти типы вакуумов случайным

образом сформировались после Большого взрыва, во время инфляционного раздувания мироздания. Наша Вселенная, тот мир, в котором мы живем, ничем с математической и физической точки зрения не выделяется среди немислимого количества прочих образовавшихся тогда вселенных.

Единственный ясный способ выделить ее среди тьмы других, понять, почему она имеет такие свойства, а не другие, – антропный принцип. Согласно этой идее, наша Вселенная принадлежит ничтожной части вселенных, свойства которых допускают возможность появления наблюдателей – разумных существ, способных задать вопрос о ее устройстве. Несмотря на вызванное рефлексивной формой изящество, антропный принцип с методологической точки зрения выглядит палочкой-выручалочкой, способной спасти любую сколь угодно хромающую теорию; в этой связи можно согласиться с оценкой этой идеи Гроссом как «безвкусной и преждевременной». (Предлагался и альтернативный, эволюционный способ решения проблемы струнного ландшафта – попытка доказать, что вселенные со свойствами, близкими к нашей, более вероятны, чем прочие миры. Однако это скорее паллиативное средство, чем принципиальное решение вопроса.)

Чтобы как-то осмыслить странную картину хаоса миров, суперструнщики предлагают *топографическую* идею. Бесмысленно спрашивать, почему остров Мадагаскар имеет именно такую форму, почему на нем есть горы именно такой высоты и т. п. Было бесчисленное множество случайных факторов, которые привели к тому, что Мадагаскар стал таким, как мы его видим. Есть осмысленная теория – физическая география, но она описывает общие свойства рельефов любых островов. Мы не можем из ее основных принципов вывести свойства конкретного острова, лишь некоторые корреляции и закономерности. То же самое относится и к нашей Вселенной, которая возникла как один из немислимого множества вариантов, причем все эти варианты были реализованы. Спрашивать, почему наша Вселенная такая, а не другая, так же бессмысленно, как спрашивать, почему остров Мадагаскар имеет длину в столько-то километров.

Вполне возможно, что струнщики правы, и вопрос об устройстве мира действительно в значительной степени наивен. Однако складывается впечатление, что здесь изящным стилем формулируется полная методологическая капитуляция. Ведь примерно 2500 лет назад история физики началась как попытка ответить именно на этот вопрос, и только 20 лет назад вроде бы выяснилось, что он был изначально наивным. Трудно отделаться от ощущения, что мы имеем дело лишь с артефактом струнной программы. На это струнщики обычно возражают, что подобная критика есть не более чем попытка индуктивно продолжить старую программу и целеполагания, которые необходимо пересмотреть с учетом современных сведений. Такой поворот событий, конечно, нельзя исключить никакими абстрактными аргументами. Однако, прежде чем списывать основной вопрос естествознания об устройстве мира как наивный, хотелось бы убедиться, что это действительно так,

например, исчерпав перед этим попытки осмысленного ответа.

Кризис оснований. Посмотрим теперь на всю эту историю сверху, поднявшись на уровень методологии. Струнная теория удовлетворяет принципу соответствия, но она совершенно не отвечает другому методологическому положению – *принципу несоизмеримости парадигм*. Этот принцип дополнителен принципу соответствия, подправляя его. Да, математически принципиально новая теория обратно совместима со старой, переходит в нее при устремлении к нулю или бесконечности некоторого параметра. Но идейно новая теория совершенно несовместима со старой, ее принципы никак не являются простым обобщением принципов старой, более того, согласно известным словам Бора, в старом контексте они выглядят безумными.

Струнная программа открывает новые теоретические и математические возможности (в особенности идея динамического порождения пространства-времени), но в ней не видно глубокого инакомыслия, концептуальной ломки. Сильная идея, вокруг которой синтезируется новая парадигма, – это, в первую очередь, ограничивающая идея. Она не обобщает старый порядок, внося в него дополнительные степени свободы, – напротив, она разрушает его во имя порядка с большим пространством охвата, что не ослабляет, а усиливает жесткость конструкции. Этого в струнной программе нет. Как писал Грин в 1999 г., «в настоящее время теоретики находятся в положении Эйнштейна, утратившего принцип эквивалентности. С 1968 г. теория собиралась по кускам, открытие за открытием, революция за революцией. Однако, центральный организующий принцип, который охватывает все эти открытия, а также другие свойства теории в рамках одного универсального и систематического подхода, который делает существование каждого ингредиента абсолютно неизбежным, все еще не найден» [8]. Семь лет спустя Гросс повторит: «У нас есть всевозможные способы описания теории струн с использованием различных моделей, различного числа измерений, с учетом гравитации и без нее, с различными степенями свободы; а что у нас отсутствует, так это понимание фундаментальных принципов динамики и симметрии, лежащих в основе теории» [10].

С отсутствием «центрального организующего принципа» связана методологическая рыхлость, если не всеядность струнной программы. Один из ранних ее критиков Ричард Фейнман так выражал протест против ее методологии: «Мне не нравится, что они ничего не могут рассчитать. Мне не нравится, что они не ограничивают свои идеи. Мне не нравится, что для всего, что не согласуется с экспериментом, они выпекают объяснение, подправляя теорию...» [13]. Адепты струнной программы с некоторым изяществом представляют рыхлость ее методологии посредством образа готического собора. Проблема, однако, в том, что методологическая неопределенность, тем более всеядность какой-либо программы эквивалентна ее слепоте, поскольку отсутствуют четкие критерии поиска. В такой ситуации математическое выражение Теории Всего может быть найдено, но не распознано, поскольку правильный

ответ просто нечем распознать. (Не исключено, что правильные уравнения давно уже записаны в каком-нибудь забытом препринте.) Можно надеяться, что верный путь подскажет математика, расставив все по своим местам, – однако математика слишком аморфна по своей природе, чтобы сама по себе выполнить эту роль. Дополнительную жесткость, структурность в нее могут опять же внести сильные физические идеи, которых, собственно, и нет. В настоящий момент источник математических ограничений в программе, по-видимому, – лишь принцип соответствия (нужно получить на выходе сигнатуру $1-3$; не должно быть частиц со спином выше 2 и т. п.).

Характерная черта струнной программы – прогрессирующее усложнение математического аппарата – по-видимому, напрямую связана с дефицитом сильных идей. Однако решение всех проблем посредством необратимого увеличения математической мощи теории содержит в себе *опасность подмены цели*. Естествознание с момента его возникновения стремилось *понять многое через немногое*: объяснить всю необъятную крону явлений на основе небольшого числа глубоких идей. («Теория производит тем большее впечатление, чем проще ее предпосылки, чем разнообразнее предметы, которые она связывает, и чем шире область ее применения» – А. Эйнштейн [4].) Здесь же гносеологическое дерево переворачивается: небольшое пространство относящихся к проблематике теории опытных данных объясняется посредством все более сложных и потенциально многообразных математических структур. (Вместо раскидистого дерева получается компактный пень с мощной и непрерывно растущей системой корней.) Поскольку роль опыта при этом будет только падать, это означает неизбежное *растворение физики в математике*. Как ярко отмечено С.П. Новиковым, «новая топология, создаваемая физиками, – это замечательная вещь, но я достаточно изучил теоретическую физику, чтобы знать: это – не раздел физики; пусть в это верят те, кто ничего не изучал. Физика – это наука о явлениях природы, которые могут реально наблюдаться» [12].

Если развитие теории начато внешним поводом, но затем все более обусловлено внутренними потребностями, то это уже черта математики, а не физики. Поскольку мотивация развития теории начиная с некоторого момента содержится уже в ней самой, возникает программа со сдвигающимся финалом (который всегда где-то на горизонте). Это уже явно не физика, а математика, для которой характерно и целесообразно бесконечное зеркалирование. Напротив, главным методологическим принципом естествознания с момента его рождения и до утверждения струнной программы в качестве мейнстрима физики была бритва Оккама: *усложнение и обобщение инструментария теории оправдано, лишь если оно является минимально необходимым для достижения ее цели – познания заданного круга явлений*.

По мере развития струнной математики пуповина, связывающая ее с физической реальностью, становится все более тонкой. Казалось бы, ничто не мешает порвать ее полностью, объявить теорию струн-мембран успешно

родившейся математической дисциплиной. Однако здесь на развитие струнной программы начинают оказывать влияние факторы социального характера. Амбиции математики несоизмеримо скромнее претензий физики, да и финансируется она совершенно иначе. Тем не менее, при сохранении вектора струнной методологии, ее математический характер будет со временем неизбежно осознан. Восстановить связь струнной программы с реальностью может только появление неких жестких ограничений. Ими могут стать радикально новые эмпирические факты (вероятность чего падает по мере того, как теория становится все менее фальсифицируемой) или неожиданная глубокая идея с внематематическим, физическим содержанием.

Без подобной ключевой мысли, отсутствующей в нынешнем идейном арсенале струнной программы, едва ли будет решена проблема струнного ландшафта. Эта проблема не является случайным, легко устранимым дефектом, ее источник заключен в центральной идее программы – красивой идее динамического порождения пространства-времени. Ведь позволить теории создавать пространство-время, не выдвинув при этом некоторый сильный ограничивающий принцип, – это то же самое, что выпустить джинна из бутылки, а пробку вообще выбросить. Мы опять видим, что корень трудностей – дефицит сильных, радикально новых идей. Отметим довод в пользу динамической природы пространства-времени: в этом случае проблема Парменида, наконец, снимается, поскольку пространство не заполняется, а порождается. (Это новый, третий способ решения древней проблемы.) Но пока нет жесткого ограничительного принципа, основанного на глубокой яркой идее, проблема Парменида скорее разрубается подобно гордиеву узлу, чем решается.

Конечно, априори ничего нельзя исключить и, быть может, мир устроен именно так. Однако настораживает, что ситуацию унылого безжизненного струнного ландшафта трудно совместить с какой-либо религией. Это не теологический аргумент, как кажется на первый взгляд, а методологический. До сих пор наука и религия могли быть согласованы (ценой, правда, некоторого ограничения своих амбиций) как два дополнительных описания мира. Например, начальное событие могло описываться как Большой Взрыв и как сотворение мира; история жизни на Земле – как игра случайного естественного отбора и как творческая эволюция, вдохновенная божественной силой. Потеря этой дуальности за счет непомерного расширения территории науки скорее свидетельствует о внутреннем методологическом изъяне теории, чем о торжестве, наконец, научного мировоззрения. (Еще Кант предупреждал о некорректности и опасности введения в предмет науки таких понятий, как мир миров: формальная структура научной теории сохранится, но научный метод будет почти незаметно заменен спекуляциями.)

Во многом из-за воздействия струнной теории ригоризм середины XX в. («Шаг в сторону от общепринятой квантоворелятивистской парадигмы – побег») сменился крайней противоположностью – «Пусть расцветают все

цветы». Такая ситуация, органично вписывающаяся в эпоху постмодерна, – рай для теоретиков: каждому по собственному миру, без работы никто не останется. Однако для естественной науки почти абсолютное математическое могущество теории, едва сдерживаемое скудными данными опыта и принципом соответствия, – это не торжество, а почти полное фиаско. Теория, описывающая почти все что угодно, – это то же, что почти ничего. Итогом физики становится два универсальных ответа на почти любой вопрос: «Почему X имеет свойство Y?» – «Так исторически сложилось в начале времен». Или – «Если бы не это свойство, никто не смог бы задать вопрос о нем». Для завершения истории естествознания осталось только еще поработать несколько веков и снять слово «почти». Впрочем, интерес к подобной физике будет потерян гораздо раньше.

Подводя итоги, мы видим, что физика действительно подходит к кризису оснований, то есть кризису методологического, а не узкофизического характера. Ниже мы постараемся показать, что его источник – не струнная программа как таковая, а общий дисбаланс между резко возросшей математической мощностью теоретической физики и дефицитом сильных собственно физических идей на фоне объективной ограниченности возможностей опыта. Этот кризис, конечно, не мешает работать 99% физиков, как в свое время кризис оснований математики никак не мешал работать 99% математиков. Однако потеря направления, цели и смысла развития естественной науки куда хуже, чем потеря в начале XX в. универсального времени или причинности. Если перед этим небосвод физики омрачала вроде бы лишь пара облачков, то сейчас сгущается свинцовая пелена. К счастью, еще пока на далеком горизонте – ведь успехи Великого объединения несомненны и впечатляющи.

Парменид и замысел естествознания. В ситуации идейного поиска, уж не говоря о кризисе, стоит определиться, где мы находимся, посмотреть на физику в целом, с высоты птичьего полета как на некий проект. Это позволит увидеть общее направление эволюции методологии физики и определить место струнной программы в общей картине.

Естествознание как фундаментальный проект был начат не столько мыслью Фалеса, что в начале всего вода, хотя эта мысль дала начало важнейшему понятию субстанции, сколько идеей Парменида о невозможности существования небытия как очевидного логического противоречия. Собственно, именно с этой на первый взгляд чисто софистической идеи Парменида, которого Гегель назвал первым философом, началась история освобождения человеческой мысли от пут банальности и при этом ложности. Из тезиса Парменида, в частности, следовала невозможность пустоты как чистого небытия. Стало ясным, сколь нетривиально и загадочно то, к чему люди привыкли настолько, что не замечали, – пространство. А значит, столь же нетривиальны движение сквозь пространство (что подчеркнут апории Зенона) и взаимодействие удаленных друг от друга тел (что станет важным зна-

чительно позднее). Кроме того, из тезиса Парменида следовал и глубочайший парадокс невозможности (немыслимости) качественных изменений, значение которого для физики еще предстоит оценить. В рождении нового или уничтожении старого имманентно содержится противоречивая идея перехода бытия в небытие и обратно. Известная пословица «Ничто не ново под Луной» восходит именно к этой проблеме.

С точки зрения логики, мир вроде как должен пребывать в однородном и статичном состоянии, с точки зрения реальности, мы понимаем, что это совсем не так. Парадокс Парменида показал, насколько трудно применить мышление, логику, понимание к тому миру, который мы видим и который нам кажется довольно тривиальным. Как только мы смотрим на мир пристальным взглядом, мы понимаем, что он нетривиален и в некотором глубоком смысле парадоксален. Фактически первый же шаг на долгом пути понимания мира привел к логической и методологической катастрофе. Причиной была именно в том, что Парменид стремился понять мир, а не приспособить мышление к реальности. Подобный нонконформизм лег в основу греческой науки и определил ее ценнейший вклад в историю человечества. Парадокс Парменида стал уникальным вызовом, создав поле напряжения естественной науки на тысячелетия вперед.

Платон решил проблему Парменида самым простым образом: мир вокруг нас есть лишь тень подлинного бытия, поэтому логические нестыковки при его описании позволительны. То, что мы видим, – это обманчивый мир явлений и мнений, мир в котором правда перемешана с ложью. Подлинный мир не доступен органам чувств, в него с некоторым усилием может проникнуть лишь разум. Удвоение мира проблему вроде бы решало. В самом деле, тезис Парменида относится к высшему миру, миру идей, которые и в самом деле неподвижны. Например, теорема Пифагора и вправду вечна и неподвижна: она была верна и во времена динозавров, она будет верна и когда умрет последний человек. Все, что мы видим и воспринимаем как движение, изменение, – лишь игра теней подлинных идей, некая полуправда. Эта идея сыграла колоссальную роль в истории человеческой мысли, культуры, с массой обертонов, вплоть до известного фильма «Матрица». Тем не менее это было все же не столько решение парадокса Парменида, сколько изящная капитуляция.

Другое простое решение парадокса Парменида дали атомисты. Согласно Демокриту небытие в некотором смысле существует и это пустота, в которой движутся сгустки бытия – атомы. После Галилея выяснилось, что в рамках этого решения весьма удобно строить естествознание (а также преподавать физику в школе). Однако бытие небытия есть очевидное логическое противоречие. И достойно пристального внимания, что конструктивная история физики начинается именно с того момента, когда закладывается противоречие.

Аристотеля также не устраивали ни абсурд Демокрита, ни капитуляция Платона, что он выразил в своем программном лозунге «Спасти явления». Крестный отец физики нашел единственное возможное тогда решение проблемы Парменида: пространство не может быть пустым, его наполняет тонкая субстанция – эфир. Логическая невозможность небытия снималась посредством невозможности физической. Эта идея естественным образом вела к геоцентризму; напротив, идея пустого пространства не вела никуда. Аристотель отмечал, что если бы пустота была возможна, то тела в ней двигались бы как атомы Демокрита – прямолинейно и равномерно. Ведь в однородном бескачественном пространстве у самого тела нет никакого повода изменить однажды начатое движение, а внешнее воздействие через пустоту передаться не может. Даже если бы атомы при случайном соударении сцепились, их конгломерат не стал бы тем миром с естественно вмонтированным в него отношением верх-низ, который нам всем привычен.

Продумывая физические следствия шарообразности Земли, Аристотель выдвинул ошеломляющую идею относительности верха и низа (что в Греции – верх, то в Африке – низ). Поскольку движение тяжелых предметов вниз и легких вверх не вынуждалось воздействием каких-либо других предметов, оно могло быть вызвано только самим устройством пространства (позднее эта мысль привела к созданию ОТО). Относительность верха и низа с необходимостью вела к идее сферической симметрии Вселенной, то есть к геоцентрической системе мира. Аристотель, как видно из его текстов, хорошо понимал, что в однородном пространстве не может быть никакого верха-низа. Следовательно, наличие этого отношения показывает неоднородность геометрии Вселенной, значит, в ней есть центр, в котором неизбежно должно скопиться все тяжелое и образовать Землю.

С другой стороны, Парменид доказал, что движение невозможно. Оно и невозможно, если природа предоставлена сама себе. Источник движения – Бог-перводвигатель (сам статичный), эфир же передает его всему мирозданию. Таким образом, введение Бога как надприродного (метафизического) фактора, стоящего над бытием и небытием, и эфира, как опосредующего звена между сверхфизическим и физическим и одновременно между бытием и небытием, решало не только проблему пустоты, но и проблему невозможности движения.

Аристотелевскую систему принято считать лишь занудным развертыванием обыденного взгляда. Хороший шарж можно найти в романе Ярослава Гашека о Швейке. Слабоумный полковник фон Циллергут провозглашает во время банкета: «Когда кончился бензин, автомобиль вынужден был остановиться. Это я сам вчера видел. А после этого еще болтают об инерции, господа!» Однако источник идей Аристотеля – не столько здравый смысл, сколько стремление построить логически непротиворечивую и при этом полную картину мироздания. Такая картина с неизбежностью могла быть лишь геоцентрической, причем не только по историческим причинам. Кон-

цепция движения Нового времени весьма нетривиальна и, что важнее, содержит парадоксальную компоненту. Логически замкнутой же картины мира нет до сих пор.

На пути согласования логики, интуиции и явлений Аристотелю даже удалось относительно непринужденно объяснить петлеобразное движение планет. Правда, через несколько веков, когда возросла точность наблюдений, Гиппарху и Птолемею пришлось ввести десятки эпициклов и экванты, после чего гармония физики и астрономии нарушилась. Это воспринималось как досадная неприятность, свидетельствующая не об изъяне мировоззрения, а об ограниченности человеческого разума, его неспособности объять единым взором всю истину. В современной науке неувязок и произвольных параметров, подобных эпициклам, тоже немало и опять же принято считать, что «в науке нет истины, а есть лишь правдоподобные заблуждения» (Поппер).

Долгое время господствовало мнение, что Галилей и Бруно были совершенно правы, а развитию передового мировоззрения мешало общее невежество и реакционные инстинкты церковников. Конечно, аристотелевская физика держалась две тысячи лет не только из-за этого. Просто в первой (геоцентрической) научной картине мира все было столь красиво и стройно пригнано, что совершенно не хотелось все это отставлять в сторону. Лишь в астрономии портили вид «облачка» неясной природы. Напротив, гелиоцентрическая система мира до Ньютона, хотя и объясняла астрономические явления более естественно, в физическом плане была эклектична и кишела противоречиями.

Аристотель был гением компромисса, созданная им парадигма была логичной, естественной, заглаженной, насколько это было вообще возможно. И именно поэтому она так долго парализовала творческое мышление, которому трудно было за что-то зацепиться.

Естествознание как слалом. В противовес тому, что пишут в учебниках, у Галилея не было никакой сколь-нибудь последовательной физики, сопоставимой с аристотелевской, он располагал лишь противоречивым набором возражений и аргументов. Достаточно напомнить, что галилеева инерция была равномерным движением по кругу вокруг Солнца, Земли или прочих планет, поскольку именно при таком движении тела не ускоряются и не замедляются (если пренебречь трением). Такое сложное движение никак не вязалось с галилеевой идеей пустоты (самой насквозь противоречивой). Скорее полемические, чем физические, аргументы Галилея в своем роде были очень точны и остры, поскольку успешно и необратимо разрушали тысячелетние интуитивные стереотипы.

Галилей был эффективен, ему удалось сдвинуть физику с мертвой точки, радикально и необратимо расширить понимание природы. Однако удалось ему это сделать за счет откровенного методологического хулиганства. Он вернул в физику пустоту, хотя все твердо знали, что пустота – логиче-

ский нонсенс и ее быть не может. Более того, он с учениками проводил опыты, показывающие, что этот нонсенс реально присутствует. Галилей чередовал аргументы логического характера с аргументами грубого здравого смысла. Научный стиль Галилея, который довольно точно отобразил Ломоносов в своем «Случились вместе два астронома в пиру», – воинствующая эклектика в сочетании с явным пренебрежением к логике. Это было эффективно, и на самом деле довольно *странно*, что так можно в физике работать. Галилея язвительно и успешно били иезуиты за его противоречивость, однако проницательные люди понимали, что в физику приходит новое содержание, которое уже невозможно отрицать.

Декарт, ясно увидев всю противоречивость механики и методологии Галилея, совершил последнюю великую попытку создать логичную и прозрачную картину мира, призвав на помощь эфир и вихри в нем. Физика Декарта на какое-то время стала нормативной, но не благодаря своим достоинствам (которыми похвастать не могла), а благодаря убедительности стоящей за ней методологии.

Два великих методолога Нового времени – Декарт и Бэкон предложили строить естествознание с двух противоположных концов. Декарт предложил строить его основываясь на разуме и интуиции, а Бэкон – основываясь на опыте. Общеизвестна Бэконовская критика тех иллюзий, в которые впадает мышление, когда оно отрывается от опыта. Мы склонны к тому, чтобы некритически принимать мифы, заблуждения, подпадать под власть пресловутых идиологов. Единственная опора, позволяющая не потеряться в миражах, – это опыт.

С точки зрения Декарта, все наоборот, опыт случаен и изменчив, его еще надо уметь правильно понять; единственной твердой основой в познании может быть только сам разум. Согласно картезианской методологической программе познание есть прежде всего понимание. В познании мы всегда стремимся свести нечто неясное, смутное, темное к более ясному, отчетливому, очевидному. И в конце концов мы доходим до тех основоположений, с которых мы должны стартовать. Основоположения не могут отсылать мышление куда-то еще, они сами должны свидетельствовать в свою пользу своей ясностью, несомненной истинностью. То есть если мы действительно хотим понять, как все устроено, а не просто рабски следить за опытом и вычислять что-то с какой-то точностью, всегда очень ограниченной, нам следует менее очевидные вещи сводить к более очевидным, которые должны в конечном итоге основываться на самоочевидных вещах. Это и есть те основы, с которых мы должны начинать строить естествознание.

Картезианская методологическая программа была блестящим развитием методологии Аристотеля. Она предполагала гармонию между рассудком и интуицией. Любые явления должны быть поняты (а в перспективе – и вычислимы) на основе ясных физических процессов. У картезианской методологии был только один недостаток – в реальной физике она, увы, работала довольно плохо.

Метод Ньютона выглядел неубедительно на фоне картезианского. Он не мог предложить никакого понимания, свидетельствовавшего в свою пользу ясностью и самоочевидностью. Он абсолютно не представлял, как действует тяготение. Ньютон ввел в физику важнейшую величину – силу, физический смысл которой оставался совершенно темным, непрозрачным. Это не только резко противоречило картезианской методологии, но и вносило разлад между рассудком и интуицией. Физика, согласующаяся как с рассудком, так и интуицией, должна обеспечивать возможность не только рассчитать некоторое явление, но и проследить все стоящие за ним физические процессы, увидеть все агенты, которые в нем действуют. Например, вполне прозрачен процесс соударения тел или процесс передачи волн упругости в жидкости. Сила же в ньютоновской физике – вещь совершенно загадочная. Это некая стрелка с величиной и направлением, которой непонятно что соответствует. Мы вводим активную сущность, которая реально действует, но которую можно определить только по ее последствиям, которую невозможно положить под микроскоп, сделать объектом опыта или связать с какими-то свойствами объектов. Силы находятся в каком-то совершенно непонятном пространстве. Силы скорее накладываются на явления, чем вытекают из них. Очень похоже, что это некие ноумены, которые находятся у нас в уме, но в этом случае совершенно непонятно, почему они реально действуют. У Ньютона не было ответа на эти вопросы, и его, конечно, справедливо критиковали за введение в физику скрытых сущностей. Неслучайно после Ньютона предпринимались попытки (прежде всего Герцем) создать механику, не содержащую понятие силы.

Методологию Ньютона хорошо вскрывает открытие им пространства как физического фактора. Ньютон обнаружил, что пространство обладает активностью, оно порождает силу инерции, то есть пространство (больше некому, если мы не говорим о более поздней точке зрения Маха) заставляет нас различать инерциальные и неинерциальные системы отсчета. Отсюда он выводил необходимую для его построений концепцию абсолютного пространства и времени. Хотя пространство способно порождать силу и передавать тяготение, само оно всецело находится вне сферы опыта. Это, конечно, не физический фактор, а надфизический, и именно поэтому Ньютон определял его как сенсориум (чувствовалище) Бога.

Чтобы выйти из неудобной ситуации, Ньютон как раз и совершает методологическую революцию – провозглашает знаменитое «*hypotheses non fingo*», «гипотез не измышляем». Он говорит следующее: если мы хотим строить физику, то мы должны провести четкую границу (которую до него никто не проводил) между физикой и спекулятивной философией. Мы не сможем построить физику, если не примем тот простой факт, что существуют вопросы, на которые в ее рамках нет ответов. Это, конечно, довольно неприятно. Ведь мы вроде бы строили физику, чтобы понимать мир, но успеха удалось достичь только ценой ограничения нашего стремления к понима-

нию. В действительности, мы сильно продвинулись в направлении понимания мира: комета Галлея приходит куда нужно, сложный, запутанный мир колоссального множества явлений предстает следствием всего нескольких законов. Однако понимание получается немного странным. Мы достигаем понимания лишь в том смысле, что многое удастся свести к немногому. Но то немногое, что мы положили в основание, мы не понимаем. Все, что можно сказать, – эта логически компактная и изящная конструкция работает и попытка достичь полного понимания, ответив на все требуемые вопросы, разрушит эту компактность.

Хотя Ньютон прикрывался ссылкой на своего соотечественника Бэкона, в реальности его методология – совсем не эмпирическая бэконовская. Конечно, из опыта вывести ньютоновские законы невозможно. Ньютон действительно создает новую методологию, опираясь на математические, логические соображения, прежде всего бритву Оккама, гораздо в большей степени, чем на данные наблюдений.

Мы видим, что Ньютон активно создает новые метафизические сущности, такие как сила, абсолютное пространство и время. Возникает естественный вопрос – а в чем разница с предшественниками? Они придумывали всевозможные фикции, но ведь и Ньютон сделал то же самое? Возникает впечатление, что Ньютон лукавил, говоря «*hypotheses non fingo*». Разницу впервые ясно понял Иммануил Кант, подчеркивавший, что нужно различать фикции или спекуляции, которые мы придумываем для удобства понимания, и те надфизические величины и понятия, которые необходимы для того, чтобы организовать сам опыт как часть осмысленного исследования. Хотя абсолютное пространство, как и силы, невозможно положить под микроскоп, сделать предметом наблюдения, они необходимы для того, чтобы построить пресловутую механическую картину мира для того, чтобы построить саму физику. Кант ввел понятие «трансцендентального», противопоставив его «трансцендентному». Трансцендентальные инструменты познания – это те инструменты, которые сами в опыте не содержатся, но являются необходимыми для того, чтобы организовать опыт как таковой. Это именно то, что Ньютон интуитивно делал: он вводил фикции не с потолка, это были как раз те (надфизические) инструменты, которые были минимально необходимы, чтобы построить физику.

Хотя последователи Ньютона его горячо возвеличивали, почти что обожествляли, его методологическая революция прошла практически незамеченной. Более того, пытаясь объяснить электромагнитные и тепловые явления с позиций эфирной концепции, физика фактически незаметно для себя повернула обратно к картезианской методологии. Как мы уже видели, эвристическая сила безэфирных концепций (атомизма Демокрита, галилеевой физики, ньютоновой механики) достигалась ценой странной комбинации очевидности и парадоксальности, связанной с нарушением максимы Парменида. Но переход от механики материальных точек к механике сплошных

сред и особенно развитие концепции близкодействия на основе возвращения эфира сближали ньютоновскую физику с картезианской методологией и, казалось, решали все проблемы, возвращая утерянное единство физики и метафизики. Именно это считалось физикой XIX в. главным направлением развития, вплоть до того момента, когда в начале XX в. два взрыва разрушили долго выстраиваемое методологическое основание естественной науки. Физика стремилась уйти от парадоксов, но пришла к радикальному их углублению.

Эфир в его классическом воплощении обеспечивал то, что принято в современной естественнонаучной парадигме презрительно третировать, – наглядность. Интуиция стремится опредметить все материальное (обладающее, например, энергией и импульсом). Напротив, хотя поле – вид материи, с ним, в отличие от эфира, нельзя связать систему отсчета. Получается движение без носителя, как бы звук без воздуха. Для интуиции активное и при этом принципиально не опредмечиваемое начало – это фантом, своего рода привидение: поймать невозможно, а на шалости способно.

Стремление к наглядности, очевидности может, как это сейчас принято, рассматриваться как бегство от непонятного, головокружительного, как изначально некорректная попытка вместить новое содержание в старые формы. Но с не меньшим основанием стремление к наглядности является отражением *императива единства интуиции и рассудка*, единства, потерянного в XX в. Для современной методологической парадигмы, по мнению автора, уместно предложить название *тертуллианской*. Один из основателей христианской Церкви Тертуллиан, вслед за апостолом Павлом, считал, что высшая божественная истина настолько превосходит человеческий разум, что не может быть понята им адекватно и воспринимается поэтому как безумие. Следовательно, нелепость – критерий высшей истины. Подобно этому, сегодня принято считать, что по мере развития естествознания человеческий разум начинает постигать вещи столь далекие от мира привычного человеческого опыта и при этом столь сложные и всеохватывающие, что человеческая интуиция перестает срабатывать. Она теряет способность опознавать истину, которая кажется все более безумной. Эта мысль хорошо выражена названием прекрасной книги Даниила Данина «Неизбежность странного мира» и каноническими словами Бора в адрес нелинейной спинорной теории Гейзенберга-Иваненко: «Эта теория, конечно, безумна. Весь вопрос в том, достаточно ли она безумна, чтобы быть верной». (В более развернутой формулировке Фейнмана: «Квантовая механика дает совершенно абсурдное с точки зрения здравого смысла описание Природы. И оно полностью соответствует эксперименту. Так что я надеюсь, что вы сможете принять Природу такой, как Она есть – абсурдной» [19].)

Тертуллианская методологическая парадигма прямо противоположна картезианской. Согласно последней фундаментальные положения науки (к которым сводятся в конечном итоге все теоретические суждения) могут

быть приняты только на основании их очевидной истинности – никаких других оснований для принятия самых первых истин просто нет (ведь вывести их не из чего). В идеале физика должна строиться по образцу евклидовой геометрии: любое сколь угодно сложное и малопонятное утверждение сводимо к самоочевидным постулатам. Тертуллианская парадигма, напротив, утверждает, что основоположения науки не могут не быть парадоксальными и именно в их парадоксальности источник их эвристической мощи.

Стоит отметить, что тертуллианская парадигма является прямым следствием из парадокса Парменида в его ином, методологическом выражении. Согласно ему нечто новое, если и возможно, то все равно никогда не сможет быть понято. В самом деле, понимание есть сведение чего-то нового, непрозрачного к чему-то ясному, что мы уже понимаем, то есть к чему-то старому. Но если это удалось, значит, мы имели дело не с подлинно новым. Подлинно новое никогда нельзя свести к старому, а следовательно, его никогда не удастся по-настоящему понять. Можно надеяться только привыкнуть.

Тертуллианская парадигма – очень сильная позиция, которая играет для современной квантово-релятивистской физики роль своего рода щита, защищающего ее от нападков, основанных на классических представлениях. Однако, как мы видели, некогда и Ньютон был вынужден прикрывать эмпирической методологией в духе Френсиса Бэкона парадоксальные положения своей теории, хотя бэконовские эмпирические максимы плохо соответствовали самому духу «Начал», да и никогда не давали впечатляющих результатов в фундаментальном естествознании. Завяжем узелок на память: именно там, где Ньютону приходилось защищаться (абсолютные пространство и время, дальное действие), как раз и была дыра, приведшая к релятивистской революции.

Обратим внимание, что тертуллианская парадигма является именно методологической, то есть метанаучной, а не собственно научной. Ни теория относительности, ни квантовая механика ее напрямую не содержат. Это способ осмысления двух научных революций XX в., а не их факт. Именно поэтому многие выдающиеся ученые XX в. имели право не принимать эту парадигму – вспомним того же Эйнштейна в дискуссии с Бором или шпильки Пригожина в адрес копенгагенской интерпретации квантовой механики.

Картезианская парадигма была утраченным раем разума именно потому, что воплощала его идеал – непосредственное усмотрение истины, единство знания и понимания, рассудка и интуиции. Напротив, тертуллианская парадигма предлагает разуму лишь бесконечное нисхождение в ад. Если истина принимается лишь в силу принуждения опытом и ее принципиально невозможно понять – не в силу сложности объяснения, а в силу невыразимости математических выражений на языке ясных идей, то успехи познания становятся не достижениями разума, а актами насилия над ним. Именно в силу этого узкого эмпирического видения прорывы в познании природы в XX в. парадоксальным образом привели к тому, что люди перестали верить в Истину и способность разума ее схватывать.

Подведем итоги нашего методологического обзора.

Во-первых, мы видим, что физика описывает несколько странные пируэты, ее история похожа на слалом, спрямить который едва ли возможно. Пружиной ее развития до сих пор является проблематика, поставленная Парменидом, – разрыв между логикой и реальностью. Чередуются полярные по своей методологии и при этом дополнительные идеи. С одной стороны, сильные, качественно новые идеи, совершающие прорыв в человеческом понимании мира. Однако прорыв этот не может пока еще достичь окончательной цели и поэтому всегда связан с тонким, неявным нарушением максимы Парменида. Новые теории, так или иначе, принимают на себя фундаментальное противоречие (небытие существует). Парадигмальный прорыв достигается ценой парадокса. Как следствие, начинается возвратное движение, заполняющее логический вакуум. Физика начинает учитывать то, что было потеряно предыдущей концепцией. Поле физики удастся расширить *ламинарно*, сглаживая противоречия за счет довольно естественных обобщений. Есть и неизбежная плата за эти успехи – нарастающая методологическая рыхлость концепции, сеющая семена нового катаклизма. Очень похоже, что в квантовой гравитации мы находимся именно на этом этапе.

Во-вторых, по мере развития физики мы движемся от довольно прямолинейного аристотелево-картезианского усмотрения истины посредством слаженно работающих рассудка и наглядной интуиции к более тонкому и одновременно рискованному опознаванию истины. Картезианский идеал, согласно которому разум может в результате конечных (пусть даже долгих) усилий напрямую увидеть истинность или ложность любого теоретического положения, даже в классической физике был успешен лишь в очень ограниченной мере. В современной физике он не работает совершенно. Под влиянием тертуллианской методологии мы привыкли, что в нашем распоряжении – лишь триада косвенных критериев истины: согласие с опытом, математическая непротиворечивость, принцип соответствия. Вплоть до последней четверти XX в. это ослабление критического фильтра науки не создавало существенных проблем, однако в новейшем развитии физики оно играет все более фатальную роль.

Демаркация физики и математики как основная проблема. Теперь мы можем увидеть всю остроту проблемы основания знания в новейшей физике. После крушения механической картины мира знание (истина) уже не может, увы, основываться на картезианской непосредственной очевидности. И одновременно ситуация с суперструнами ясно демонстрирует недостаточность того решения проблемы основания знания, которое стало общепринятым после двух революций – гипотетико-дедуктивной модели. Картезианское понимание истины недопустимо сильно, а современное, увы, – опасно слабо.

Пока физика изучала Вселенную, которая всегда перед нашими глазами, стандартная триада косвенных критериев истины (согласие с эмпирическими данными + математическая непротиворечивость + принцип соответствия)

была вполне работоспособна. В некоторый момент физика, следуя в фарватере развития собственного математического аппарата, вышла в рискованную область мира миров. Здесь стандартный критерий истины фатально недостаточен, что, однако, не было должным образом осознано. Резкое ослабление защитного фильтра создало разверстную дыру, через которую в физику проникают спекулятивные, математически мотивированные степени свободы, что незаметным образом подменяет дух древней науки. В новых условиях между данными опыта и теориями, их описывающими, возникает уже не изоморфизм, а резкий гомоморфизм: узкой площадке эмпирических данных может соответствовать неопределенно большое число теорий. Возникает *бесконечно углубляющийся конус теорий*, тот пень с уходящими в бесконечность корнями, который упоминался выше. Если раньше по имеющейся эмпирической тени можно было надежно восстановить платоновский прообраз, который ее отбрасывает, то теперь для этого нужно иметь данные по всему многообразию вселенных, что по понятным причинам невозможно. К примеру, весьма вероятное обнаружение в ближайшем будущем суперпартнеров (суперсимметрия представляется действительно хорошей идеей) будет, скорее всего, воспринято как подтверждение всей струнной программы, что некорректно в силу данной неоднозначности.

Чтобы увидеть подводное основание проблемы, опять вернемся к тому, с чего начиналось естествознание, в чем состоял замысел науки о природе. Согласно тому же принципу Парменида, бытие единственно (концепция многих бытий имманентно содержит противоречивое допущение о возможности бытия небытия), поэтому мир един, хотя до некоторой степени и многообразен. Единственность бытия кажется пустой софистикой, но это не так. Прямой «выход» – положение, что многообразие мира вторично к его единству (принцип единства природы, принцип материального единства мира). Переходя от философской к более определенной методологической форме: *физические принципы и математические конструкции, выражающие единство мира, первичны (фундаментальны) по отношению к идеям и конструкциям, выражающим многообразие*. Это и есть идущая от Парменида и Платона идея законов природы.

Сейчас, после двух научных революций, не принято говорить о законах природы, хороший тон – говорить лишь об уравнениях. Однако в этом случае происходит незаметная, но важная потеря. Ведь уравнения сами по себе не содержат важнейшей части нашего знания о природе – тех *идей*, которые лишь частично выражаются математическими символами. Главное, чего не содержат математические выражения (которые суть синтаксически корректные записи, образующие некоторую непротиворечивую формальную структуру), – основание своей естественнонаучной релевантности, а именно – некое совершенно непонятное свойство, которое мы называем словом «существовать» (быть, обладать бытием, иметь место в действительности, реально происходить и т. п.). Что такое существовать, невозможно понять и опреде-

лить, ведь мы «внутри» бытия и не можем посмотреть на него «снаружи». Остроту этой проблемы хорошо показывает простой пример. Мы многое знаем об Анне Карениной, ее характере, внешности, жизненных перипетиях. Однако есть маленькая проблема: Анны Карениной никогда не существовало. Напротив, о большинстве реальных женщин XIX в. мы не знаем ничего. Как отмечал еще Кант, критикуя онтологическое доказательство бытия Бога Ансельма Кентеберийского (если понятию не соответствует никакого реального объекта, оно несовершенно, Бог мыслится как совершенное понятие и потому не может не существовать), *нет такого описания признаков объекта, сколь полным оно ни было бы, чтобы по нему решить вопрос о том, существует ли его прообраз в реальности*. Строго говоря, единственный способ доказать существование чего-либо – чисто остенсивный (просто показать на него пальцем). Нет ничего менее определенного, чем бытие, однако именно это туманное понятие служит демаркационной линией между математикой и физикой. В самом деле, по словам того же Парменида, «истина одна, а вымысел многолик». Любой вымысел, если его можно формализовать, в принципе может стать частью предмета математики. (Это, конечно, не гарантирует, что он будет интересен реально работающим математикам.) В противоположность этому естествознание описывает не всякий возможный мир, а только один реально существующий мир (мысль Лейбница). Именно поэтому в *физике есть специфическая целостность, не поддающаяся никакому формальному определению, которой нет в математике*, и именно поэтому физика не есть раздел математики и не должна превращаться в него.

Пока математика, используемая в естествознании, оформляла закономерности этого мира (который всегда можно было определить остенсивно), на разницу между физическими законами и выражающими их математическими формулами можно было не обращать внимания. Принцип материального единства мира подобно английской королеве царствовал, но не правил: он торжественно провозглашался, но не привлекал ничьего внимания. Когда математика стала использоваться как сила, творящая миры, ситуация кардинально и быстро изменилась: впервые за 2,5 тыс. лет основополагающий принцип естествознания оказался под угрозой. Как понять, что этот мир существует, а этот – нет? Как установить, что эти математические свойства относятся к реально существующим мирам, а эти – уже нет? Что теперь служит критерием, отличающим истину от вымысла? Чем мощнее в математическом отношении становится фундаментальная физическая теория, чем с более общих позиций она описывает мироздание, тем все более многообразные миры входят в предмет физики и тем острее эта проблема. Ведь рамки опыта при этом никак не расширяются и в качестве критерия истины он срабатывает все хуже. По этим же причинам теряет свою ценность и принцип соответствия. Выдвигать же в качестве критерия истины какие-то математические соображения – все равно что по описанию героя романа пытаться ус-

тановить, существовал ли он в реальности. (Грубые анахронизмы и иные нелепости и противоречия уловить можно, но не более того.)

Итак, в последние 15 лет впервые в истории возникла и становится все более острой *проблема демаркации фундаментального естествознания и математики*. (Любопытно, что важным методологическим вопросом квантовой и релятивистской революций была проблема демаркации физики и метафизики.) На онтологическом уровне она эквивалентна проблеме установления границы между бытием и небытием, то есть представляет собой новое лицо все той же проблемы Парменида. Глубокая неопределенность в этом основополагающем вопросе способна превратить усилия теоретиков в квантовой гравитации в некое подобие интенсивного брауновского движения. Причем эта деятельность (в основном математическая) без принципиального осмысления проблемы демаркации с большей вероятностью будет усложнять общую картину, чем подсказывать направление выхода.

Струнная программа и теория эфира. Теперь опустимся на уровень ниже и посмотрим, так ли уж уникальна программа струн в своей методологии, не было ли у нее предшественников? На взгляд автора, ответ положителен, причем ближайшим предшественником является не что иное, как эфирная теория. Кажется, что это полная противоположность эфиру. Если в теории эфира преобладает интуиция над рассудком, наглядные модели над математикой, то здесь наоборот. (Правда, зачаток теории струн впервые появился в работах лорда Кельвина при изучении вихревых тороидальных структур в эфире.) В XIX в. теоретики создавали эфемерные конструкции в готовом пространстве-времени, но не были готовы его самого сделать эфемерным. Несопоставим уровень сложности и абстрактности используемой математики и, наконец, масштаб вовлеченного научного сообщества. Однако при более внимательном взгляде у эфирной и суперструнной программ обнаруживается неожиданно много общего.

В XIX в. эфир играл роль ключевой синтезирующей онтологической конструкции, теперь на эту же роль претендуют математические конструкты программы струн-мембран. Теория струн является *ламинарным*, лобовым продолжением современной физики, как эфирная теория была ламинарным продолжением физики классической. Принципиальным, нелобовым продолжением классической физики стала теория Эйнштейна. Другая бросающаяся в глаза общая черта – идейная скудость. В теории эфира, в отличие от теории относительности Эйнштейна, не было никаких новых глубоких, сильных идей. Та же проблема повторяется в теории струн. Следующий момент – изошренность. Теории эфира были изошренными в плане модельных представлений, а затем и математических методов, поскольку здесь теоретикам приходилось с трудом сводить концы с концами. Модельной изошренности в теории струн нет, но математическая в избытке и неуклонно растет. Подобное, конечно, не случайно. Когда теория пытается ламинарно продолжать ветшающую парадигму, вливать новое вино в старые меха, это приво-

дит к искусственности и изошренности. Ранее это происходило в теории эфира, а теперь – в теории струн. Обе программы весьма слабо связаны с опытом и находили источник развития в решении собственных проблем. Наконец, и эфирная программа, и струнная обходят вниманием вопросы метауровня, связанные с методами и границами познания. Это связано как со слабостью их собственных методологий, так и с тем, что при ламинарном развитии обсуждение трудных принципиальных вопросов просто не нужно.

Итак, общие черты в струнной и эфирной программах связаны, по-видимому, с тем, что струны, как в свое время эфир, являются естественным продолжением, квинтэссенцией устаревающей парадигмы. Это объясняет идейную бедность обеих программ, сложность и разветвленность аппарата (у эфира – механических моделей, у струн – математических конструкций), невнимание к гносеологическим вопросам. Напомним, что в XIX в. тоже происходила пробуксовка эфирной программы и предлагалось множество эфирных теорий. Складывается впечатление, что струны (как в свое время эфир) в значительной степени отражают истину, но вместе с этим и в некоторой неочевидной, но существенной части промахиваются мимо нее.

Если представленная здесь точка зрения верна, можно прогнозировать, что рано или поздно будут выдвинуты сильные идеи, которые помогут физикам-теоретикам посмотреть на ситуацию с новой стороны, условно говоря, выйти из плоскости. Когда задача не решается в плоскости, в ней можно долго накручивать круг за кругом, но задача решится только когда мы переходим в объем. Может быть, это произойдет, и тогда многое из того, что сейчас есть в теории струн, просто исчезнет, потому что это было искусственно, возникло в рамках узко поставленной задачи. Но, спрашивается, все ли исчезнет? Скорее всего, нет. Можно вспомнить, что формула $E = mc^2$ была впервые выведена Пуанкаре, за год до Эйнштейна в рамках полуклассических соотношений. То есть эта формула в силу ясности и прозрачности стоящей за ней логики довольно неплохо выводилась еще в рамках эфирных соображений. Для переходных теорий довольно естественно сочетание старой идеологии и отдельных новых математических конструкций. Вполне возможно, ряд математических связей в теории струн найдены правильно. Едва ли теория струн является абсолютно ложной конструкцией, поскольку есть немало приводящих к ней поводов и тропинок. Можно ожидать, что многие математические конструкции после теории струн, так или иначе, получат новое наполнение, новую жизнь в рамках идейно совершенно другой концепции.

При экстраполяции того, что происходит сейчас, математическая мощь фундаментальной физики будет увеличиваться, а с нею – разнообразие миров, которые научатся описывать теоретики. Наш мир станет лишь частной случайностью, затерявшейся среди необъятного множества сколь угодно ис-

каженных миров. Вопрос, почему наш мир таков, как он есть, потеряет смысл и перестанет задаваться. Физика незаметно растворится в математике.

Никакие методологические соображения не могут, конечно, доказать, что этого не произойдет. Ведь тот эвристический идеал, который был путеводной звездой более двух тысячелетий, – всего лишь спорная теорема, каждый раз заново доказываемая озарениями и трудными переосмыслениями. В бедную на прорывы мысли постмодернистскую, почти фельетонную эпоху Истина вполне естественно представляется устаревшей пафосной иллюзией.

Будем все же надеяться, что благодаря новым радикальным идеям физика поднимется на высоту подлинного понимания мира и что новый синтез вернет утерянное единство двух начал научного мышления (как и человеческого мышления вообще) – рассудочного и интуитивного. Если рассудок, чрезмерно опекаемый интуицией, рискует впасть в плен наивных моделей, здравого смысла и даже предрассудков, то рассудок, чрезмерно удаляющийся от интуиции, рискует заблудиться в джунглях математических абстракций. Есть основания считать, что именно это и происходит сейчас с квантовой теорией гравитации – колоссальная интеллектуальная мощь, никак не скованная ограничениями интуиции, скорее творит миражи бесчисленного множества возможных миров, чем находит выход из пустыни. *Основная задача науки – объяснение многого через немного – может быть достигнута только если рассудок и интуиция взаимно ограничивают претензии друг друга.* Лишь на этом пути можно вернуть веру в Истину, продолжить начатое более двух тысяч лет назад восхождение и увидеть с иных высот красоту и величие идей, которыми была жива физика.

Автору приятно выразить свою признательность кандидату философских наук А.Ю. Грязнову, кандидату физико-математических наук В.Д. Захарову, доктору физико-математических наук Б.Н. Фролову за ценное обсуждение.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Эйнштейн А.* К электродинамике движущихся тел // Собр. научных трудов. – Т. I. – М.: Наука, 1965.
2. *Эйнштейн А., Инфельд Л.* Эволюция физики // Собр. научных трудов. – Т. IV. – М.: Наука, 1967.
3. *Эйнштейн А.* Физика и реальность // Собр. научных трудов. – Т. IV. – М.: Наука, 1967. – С. 204, 213.
4. *Эйнштейн А.* Автобиографические заметки // Собр. научных трудов. – Т. IV. – М.: Наука, 1967. – С. 270.
5. *Эйнштейн А.* Принципы теоретической физики // Физика и реальность. – М.: Наука, 1965.
6. *Пригожин И., Стенгерс И.* Время, хаос, квант. – М.: УРСС, 2000.
7. *Каку М.* Введение в теорию суперструн. – М.: Мир, 1999.
8. *Грин Б.* Элегантная Вселенная. – М.: УРСС, 2004.

9. Грин Б. Ткань космоса. – М.: УРСС, 2009.
10. Гросс Д. Грядущие революции в фундаментальной физике. URL: <http://www.elementy.ru>, 2006.
11. <http://www.superstrings.org>.
12. Новиков С.П. Вторая половина XX века и ее итог: кризис физико-математического сообщества в России и на Западе. – М., 2000.
13. Smolin L. The trouble with physics: the rise of string theory, the fall of a science, and what comes next. – Lnd: Penguin Book, 2007.
14. Кант И. Прологомены ко всякой метафизике, могущей возникнуть в качестве науки // Собр. соч.: В 8 т. – Т. 4. – М.: Чоро, 1994.
15. Вайцзеккер К.Ф. Физика и философия // Вопросы философии. – 1993. – № 1. – С. 115–125.
16. Поппер К.Р. Логика и рост научного знания. – М.: Прогресс, 1983.
17. Кун Т. Структура научных революций. – М.: Прогресс, 1975.
18. Элиович А.А. О возможности теоретического ниспровержения эфира // Вестник РУДН. Сер. «Физика». – 2005. – № 1 (13). – С. 92–102.
19. Фейнман Р. КЭД – странная теория света и вещества. – М. : Наука, 1988.

МЕТАФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ ГРАВИТАЦИИ И КОСМОЛОГИИ

МИФЫ И РЕАЛЬНОСТИ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Ю.С. Владимиров

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Данная статья пишется под впечатлением только что прошедшей 14-й Российской гравитационной конференции в Ульяновске (27 июня – 2 июля 2011 г.) (см. [1]). Начало этим конференциям было положено созывом в 1961 г. в МГУ им. М.В. Ломоносова 1-й Советской гравитационной конференции. Каждая из прошедших с тех пор конференций отражала соответствующие своему времени тенденции и взгляды в развитии идей общей теории относительности (ОТО) и гравитации. На первых трех советских гравитационных конференциях, проходивших в Москве, в Тбилиси (1965 г.) и в Ереване (1972 г.) после официального признания властями важности общей теории относительности, состоялся обстоятельный обзор и анализ основных проблем эйнштейновской теории гравитации. В этот период в нашей стране формировалось гравитационное сообщество физиков-теоретиков, активно работающее по настоящее время. В эти годы возлагались большие надежды на развитие гравитационных исследований. Обсуждался широкий круг проблем: возможности антигравитации, перспективы обнаружения и использования гравитационного излучения, проекты гравитационных экспериментов в неволновой зоне, а также вопросы квантования гравитации, космологии, описания и применения систем отсчета в ОТО, поиска точных решений уравнений Эйнштейна и многие другие (см. [2; 3]).

На 4-й конференции в 1976 г. в Минске в центре внимания находились проблемы обнаружения гравитационных волн. К этому времени уже была доказана необоснованность утверждений Вебера об обнаружении им гравитационных волн, однако в тот момент возлагались большие надежды на их обнаружение в ближайшее время. Но в целом оптимизм постепенно угасал. На следующей, 5-й, гравитационной конференции в 1981 г. в МГУ разгорелась острая дискуссия вокруг попыток замены общей теории относительности

сти А. Эйнштейна на релятивистскую теорию гравитации А.А. Логунова. Характерной была позиция Я.Б. Зельдовича, активно отстаивавшего теорию Эйнштейна. Он заявлял, что она справедлива на любых масштабах и что нет ни одного факта, свидетельствующего об отклонениях от ОТО. На следующей конференции в Москве в 1984 г. состоялся реванш сторонников школы Зельдовича и Ландау по данному вопросу.

Следует отметить, что перечисленные выше и ряд других проблем, обсуждавшихся на всесоюзных, а затем на российских гравитационных конференциях, имеют явно метафизический характер. Фактически обсуждались идеи и возможности геометрической парадигмы, сформированной в работах В. Клиффорда, А. Эйнштейна, Д. Гильберта, Г. Вейля и других авторов [4, с. 94–95], так или иначе производилось ее сравнение с принципами иной, теоретико-полевой парадигмы, доминировавшей в теоретической физике середины XX в. По сути, речь шла о выборе метафизической парадигмы, в рамках которой следует развивать наши представления о пространстве-времени и вообще о физическом мироздании.

В центре внимания прошедшей конференции в Ульяновске оказались вопросы объяснения так называемых темной энергии и темной материи во Вселенной, описываемой на базе эйнштейновской общей теории относительности. В настоящий момент здесь сложилась довольно серьезная ситуация. Если следовать выводам на основе ОТО, то получается, что вся наблюдаемая материя в виде звезд, галактик, межзвездной среды и известных видов излучений составляет всего 4% от всей материи во Вселенной. 70% составляет темная энергия, а 26% – темная материя в галактиках. А что представляют собой темная энергия и материя, нам совершенно не понятно.

Большинство пленарных и ряд секционных докладов были посвящены попыткам физически объяснить неизвестные виды материи. В одном из пленарных докладов предлагалось объяснить наличие темной энергии путем обобщения теории Эйнштейна на случай учета в плотности лагранжиана более высоких степеней тензора кривизны. В другом докладе предлагалось перейти от римановой геометрии, положенной в основание ОТО, к геометрии с кручением, кстати пока тоже не наблюдавшимся ни в одном эксперименте. В третьем выступлении высказывались надежды на объяснение неизвестных форм материи посредством учета неминимальных слагаемых в лагранжианах. Еще в одном пленарном докладе предлагалось обоснование неведомой материи на основе обобщений модели Вайнберга – Салама электрослабых взаимодействий с привлечением пока не обнаруженных хиггсовских бозонов. В секционных докладах предлагалось привлечь для этой цели гипотетические суперпартнеры из суперсимметричных моделей, аксионы или тахионы и т. д.

Фактически в упомянутых докладах предлагалось заменить одно непонятное на другое столь же гипотетическое. Трудности в описании Вселен-

ной в целом на основе ОТО переключались на физику микромира. Другими словами, проблемы из одного кармана переключаются в другой.

Спрашивается, как ко всему этому относиться? Если на прошлых конференциях Я.Б. Зельдович выступал с докладами типа «О неизбежности общей теории относительности» и страстно доказывал, что до сих пор не обнаружено никаких свидетельств об отклонениях от ОТО, то как воспринимать «необходимость» введения темных энергии и материи?

Имеются и другие проблемы современной космологии, строящейся на базе эйнштейновской ОТО. К их числу следует отнести проблему Большого взрыва или начала мира, проблемы черных дыр, кротовых нор и некоторые другие.

Космологические решения уравнений Эйнштейна. Одним из главных достоинств ОТО Эйнштейна считается то, что эта теория впервые позволила на языке физики ставить и решать задачи об устройстве и эволюции Вселенной в целом. А эти вопросы имеют сугубо метафизический характер.

В математическом плане описание Вселенной как целого основано на решении уравнений Эйнштейна, в правую часть которых нужно подставить тензор энергии-импульса всей материи мира: планет, звезд, межзвездной среды и всего прочего. В силу того что все это точно учесть невозможно, рассматриваются упрощенные модели.

Во-первых, предполагается, что всю материю мира можно представить в виде сплошной среды наподобие пыли, когда в качестве отдельных пылинок выступают не отдельные звезды и даже не отдельные галактики, а скопления галактик.

Во-вторых, полагается, что, пренебрегая рядом индивидуальных (пекулярных) движений пылинок, можно выбрать сопутствующую материи (скоплениям галактик) систему отсчета, то есть такую, в которой приборы системы отсчета движутся вместе с материей.

В-третьих, предполагается, что сопутствующая система отсчета является нормальной, то есть не вращается. Напомним, что подобные системы отсчета являются преимущественными в общей теории относительности и представляют собой своеобразный аналог инерциальных систем отсчета в ньютоновой механике. Важнейшим свойством нормальных систем отсчета является глобальное расщепление в них 4-мерного искривленного пространства-времени на 3-мерное пространство и ортогональное ему время (данной системы отсчета). В сопутствующей системе отсчета приборы вместе со средой как бы «вморожены» в пространство. Их движение описывается эволюцией самого пространства.

В-четвертых, когда уже определено глобальное 3-мерное пространство, полагается, что в нем распределение материи – пылинок однородно и изотропно, то есть материя распределена равномерно вдоль каждого направления и одинаково по всем направлениям. Очевидно, что эти условия не выполняются в масштабах Солнечной системы, отдельной галактики или даже

конкретного их скопления, однако полагается, что по мере увеличения масштаба распределение материи все более становится близким к однородному и изотропному.

Решения уравнений Эйнштейна (без космологического члена) при выполнении всех этих условий впервые нашел в 1921 г. наш соотечественник А.А. Фридман. В настоящее время найденные им так называемые *однородные изотропные космологические решения Фридмана* составляют основу космологии. Имеется три типа решений Фридмана, в которых пространственные сечения описываются геометриями Евклида, Лобачевского и Римана. Во всех этих решениях предсказывается наличие «начального» момента эволюции мира, обычно трактуемого как «рождение Вселенной» вследствие Большого взрыва.

В окрестности начала плотность материи должна стремиться к бесконечности. В связи с этим ряд исследователей обращают внимание на «золотое правило физики»: появление бесконечностей следует трактовать как «звонок сверху», предупреждающий о том, что в этих областях теория теряет силу. Подобные «звонки» звучат и в классической электродинамике, когда пытаются подсчитать собственную энергию точечной заряженной частицы. Аналогичная ситуация проявляется и в квантовой теории поля, а также в других разделах физики. В соответствии с этим «золотым правилом» следует утверждать, что в окрестности «начального момента» эволюции Вселенной закономерности общей теории относительности теряют силу и ею можно пользоваться лишь начиная с какого-то более позднего момента, если вообще можно говорить о понятии момента времени в этой области.

На основе уже известных в 1970–1980-х гг. свойств физических взаимодействий обсуждались возможные сценарии превращений материи из одних видов в другие на начальных стадиях эволюции Вселенной. Рассматривались процессы образования вещества и формирования из него звезд и галактик.

Уже тогда ставился вопрос метафизического характера, – с какой стадии развития Вселенной можно говорить о возможности пользоваться такими классическими понятиями, как время и пространство? Обсуждался также вопрос о том, что было до рождения Вселенной? И имеет ли смысл говорить об этом? Из чего образовалась Вселенная? Что означает рождение Вселенной из «ничего»? И т. д.

На проводившихся гравитационных конференциях активно дискутировались и другие принципиальные вопросы космологии: о возрасте Вселенной, уточнялись значения постоянной Хаббла и космологической постоянной. Чтобы не было противоречий с наблюдениями, космологическую постоянную предлагалось считать чрезвычайно малой по модулю. На этом основании долгое время полагали, что ее можно вообще исключить из рассмотрения. У нас в стране, видимо, один Д.Д. Иваненко на всех конференциях призывал ее учитывать. У многих тогда это вызывало усмешку, однако

в конце XX в. был сделан вывод о необходимости учета этого слагаемого в уравнениях Эйнштейна.

Интенсивно обсуждался вопрос, какой из трех фридмановских моделей описывается наша Вселенная?

Но в те годы возникли и новые проблемы. Они были связаны, во-первых, с открытием реликтового излучения. Это трехградусное излучение в то время, как и сейчас, интерпретировалось как излучение, оторвавшееся от вещества в эпоху его рекомбинации, когда все метагалактические расстояния были на три порядка меньше современных, а плотность на девять порядков выше, чем в настоящее время. А до этого плотность была еще на много порядков выше. Проблема заключалась в том, что при таких условиях уже нельзя пользоваться выводами общей теории относительности.

Другим важным обстоятельством в обсуждениях того времени было открытие пульсаров, которые отождествлялись с нейтронными звездами. Выдвигались идеи о возможности гиперонных звезд. Трудно было объяснить открытие квазаров – далеких космических источников невероятно мощного космического излучения.

Все эти вопросы оказались в центре внимания группы академика Я.Б. Зельдовича, переключившегося на вопросы релятивистской астрофизики после известных закрытых работ над ядерным оружием. Под его началом сложилась группа активных исследователей, объявивших о формировании нового направления исследований – релятивистской астрофизики, в основе которой лежали закономерности общей теории относительности Эйнштейна. Возможность применения ОТО для описания Вселенной в целом не подвергалась сомнениям.

Было ли начало мира? В статье Дж. Уилера, подготовленной к 100-летию со дня рождения А. Эйнштейна, отмечалось, что в первой космологической модели Эйнштейна мир представлялся в виде статической трехмерной гиперсферы. Чтобы получить этот результат, Эйнштейн должен был ввести в свои уравнения космологическую постоянную.

Первая реакция Эйнштейна на вскоре найденные А.А. Фридманом иные решения уравнений Эйнштейна (без космологической постоянной), которые соответствовали эволюционирующим моделям Вселенной, была резко отрицательной. Однако затем ему пришлось пересмотреть свою позицию и признать факт расширения Вселенной.

Дж. Уилер попытался объяснить первоначальную позицию Эйнштейна в этом вопросе. Она имела явно метафизический характер. Уилер писал: «Почему он думал, что Вселенная была и должна существовать вечно, хотя для каждого, кто рос в традициях иудейско-христианских представлений, акт первоначального творения должен был казаться вполне естественным. Я чрезвычайно благодарен профессору Гансу Кюнгу, обратившему мое внимание на то большое влияние, которое оказал на Эйнштейна пример Спинозы. Почему двадцатичетырехлетний Спиноза был в 1656 г. отлучен в Ам-

стердаме от синагогальной общины? Потому, что он отклонил учение о сотворении мира. В чем была слабость этого учения? Где во всем том «ничто», которое предшествовало творению, могли висеть часы, сказавшие Вселенной, когда она должна начать существовать?» [5].

Как известно, модель расширяющейся Вселенной на основе решений Фридмана была разработана бельгийским католическим священником астрономом и математиком Жоржем Леметром, тесно сотрудничавшим с А. Эддингтоном. Согласно представлениям Леметра, мир уподоблялся некому «космическому яйцу», взорвавшемуся в момент его творения Богом. Известно, что Эддингтон, как и Эйнштейн, с недоверием отнеслись к этой модели, поскольку она слишком сильно напоминала христианский догмат творения и, по их первоначальному мнению, была «непроверяемой с физической точки зрения». Однако после открытия Хабблом космологического красного смещения представления о расширяющейся Вселенной получили широкое признание и сейчас считаются твердо установленным научным фактом. Известно также, что ряд религиозных деятелей приветствовали модель расширяющейся Вселенной, особенно идею о ее происхождении в результате Большого взрыва, усматривая в этом научное подтверждение иудейско-христианского учения о творении мира Богом.

Отметим, что в восточных мировых религиях, например в даосизме и буддизме, представлена иная точка зрения на мироустройство, согласно которой Вселенная существовала всегда. Первоначальная позиция Эйнштейна фактически соответствовала именно восточной метафизической позиции. В настоящее время некоторые физики пытаются построить физическую модель, отвечающую восточным философско-религиозным представлениям, то есть без начальных и конечных стадий. В качестве примера можно привести релятивистскую теорию гравитации А.А. Логунова, которая опирается на теоретико-полевую метафизическую парадигму с использованием постулата об априорно заданном плоском пространстве-времени.

Метафизический реализм в вопросах космологии. Нельзя забывать, что при описании Вселенной как целого на основе уравнений Эйнштейна производится экстраполяция наших представлений о мире максимально далеко за пределы изученной области Вселенной. С позиций здравого физика это рискованный шаг. Всякий физик знает, что любая физическая теория имеет ограниченную сферу применимости, подтвержденную экспериментально. Всякий выход за ее пределы нуждается в тщательной проверке. В данном случае этого не сделано.

Однако, читая студентам лекции с изложением космологических решений уравнений Эйнштейна, считаю необходимым подчеркнуть, что подобную экстраполяцию выводов ОТО на Вселенную в целом делать необходимо, поскольку это может помочь ответить на вопрос, до каких пределов эта экстраполяция правомерна, и тем самым подсказать когда и каким образом следует изменить наши представления о природе мироздания.

Обо всем этом настойчиво говорили ведущие отечественные физики-гравитационисты в 1960–1970-е гг.

Прежде всего отметим **позицию академика В.А. Фока**. Он писал: «Вообще любая физическая теория – пусть это будет даже теория тяготения Эйнштейна – имеет предел применимости, и неограниченно экстраполировать ее нельзя. Рано или поздно становится необходимым введение существенно новых физических понятий, сообразных свойствам изучаемых объектов и применяемым средствам их познания, а тогда выявляются и пределы применимости теории, притом возникают новые гносеологические вопросы» [6, с. 200]. В этой связи следует обратиться к изложению вопросов космологии в его книге «Теория пространства, времени и тяготения» [7]. Во-первых, этот материал занимает в книге довольно скромное место и, во-вторых, он постоянно обращает внимание на необходимость проявления осторожности при описании Вселенной в целом на основе уравнений Эйнштейна.

Далее следует напомнить **позицию А.Л. Зельманова**, крупнейшего нашего космолога того времени. Он писал: «В основе космологии лежат (в порядке возрастающей общности): во-первых, эмпирические, прежде всего, астрофизические сведения об охваченной наблюдениями области Вселенной; во-вторых, основные физические теории, прежде всего, теория тяготения; в-третьих, общие, по существу – философские, соображения» [8, с. 110]. (Заметим, что в то время пользоваться термином «метафизические соображения» было не принято.) Далее он продолжает: «Приняв в качестве физико-теоретической основы космологии наиболее общую из существующих теорию тяготения (эйнштейнову), не следует дополнять ее какими-либо упрощающими предположениями, в частности, основанными на экстраполяции идеализированных эмпирических данных на всю Вселенную, например, предположениями однородности и изотропии». «Проверкой истинности выводов, касающихся Вселенной как целого, может служить их сохранение или развитие при переходе от данной физико-теоретической основы к другой, более общей».

Позже, уже в начале 1970-х гг. Зельманов говорил и писал: «Несмотря на свою логическую стройность и безупречность, общая теория относительности не свободна от затруднений. Обычно думают, что в ней нет никаких проблем. Это заблуждение». После перечисления таких проблем, в числе которых он называл проблему гравитационных волн и проблему гравитационного излучения, он продолжил свою мысль: «Есть и проблемы, которые заведомо не могут быть решены в рамках общей теории относительности. Это относится, в частности, к релятивистской космологии» [9, с. 277].

Анализируя известные на тот момент астрофизические данные, которые большинством интерпретировались как рождение Вселенной в результате Большого взрыва, Зельманов писал: «Итак, весьма вероятно, что в прошлом наша Метагалактика, по крайней мере та ее часть, которую мы можем теперь наблюдать, прошла через состояние, описать которое современные фи-

зические теории не могут, состояние, подведомственное новой, еще неизвестной физической теории» [9, с. 276].

Одним из главных недостатков космологии, построенной на основе общей теории относительности, Зельманов считал то, что она не дает единственного решения: «Это показывает, что общая теория относительности не настолько обща, чтобы правильно решить вопрос о модели Вселенной. Если в упомянутой выше новой, более общей физической теории наиболее общие уравнения не будут дифференциальными, возможно, что эта теория даст одну, а не множество космологических моделей» [9].

В какой-то степени с ожиданиями Зельманова пересекается **позиция, занятая Д.Д. Иваненко**, который писал: «Так или иначе нынешний период истории физики характеризуется все более настойчивыми и перспективными попытками построения новой, четвертой в исторической последовательности единой картины мира, которую разумно предварительно назвать «атомно-космической» [10, с. 56]. При этом он неоднократно выражал сомнения в правомерности распространения закономерностей ОТО на описание Вселенной в целом, полагая даже, что ОТО справедлива разве что в масштабах галактики.

Он говорил о построении «естественной картины мира в известном нам участке Вселенной», причем для этого следовало привлечь современные данные из физики элементарных частиц, такие как наблюдаемая преимущественность частиц над античастицами, вопросы СРТ-симметрии элементарных частиц, гиперзарядовые взаимодействия, возможную связь констант микромира с глобальными космологическими величинами и т. д.

В этой связи Иваненко указывал на неэйнштейновские теории гравитации, например, на «теорию стационарной и расширяющейся Вселенной (Хойл, Бонди), в которой постоянная плотность поддерживается за счет добавочного порождения материи, учитываемого дополнительным гипотетическим членом в уравнениях Эйнштейна».

Он обращал внимание также на махианские идеи «относительно обусловленности инерции влиянием масс Вселенной, игравшими роль при построении эйнштейновской гравитационной динамики, хотя, как известно, принцип Маха в обычной трактовке ОТО и не выполняется. Недавно подобные идеи стали рассматриваться с новых точек зрения (Уилер, Хенль-Денен, Станюкович, Дикке), более того, начали ставиться опыты по обнаружению влияния нашей галактики на возможную анизотропию масс и т. д. С нашей точки зрения, здоровое зерно в подобных попытках следует видеть в направлении поисков влияния не только гигантских масс, но и глобальных космологических обстоятельств на поведение земных объектов и атомноядерных элементарных процессов» [10, с. 56].

Другими словами, если Зельманов только ожидал решение ряда космологических проблем от некой новой теории будущего, то Иваненко обращал внимание на конкретные возможные пути их решения с учетом факторов

физики микромира. Конечно, он это делал в своем традиционном духе путем «жонглирования» идеями и результатами других авторов, не останавливаясь на какой-то своей собственной идее или своих оригинальных разработках. Безусловно, в науке необходим и такой метод сбора информации об идеях, которые можно было бы привлечь для решения актуальной проблемы.

Исходя из изложенного, с большой долей уверенности можно прогнозировать позицию этих авторов по современным проблемам космологии и релятивистской астрофизики, когда для согласования последних астрофизических данных с выводами общей теории относительности вводятся гипотезы о существовании «темной энергии» и «темной материи», которые должны составить 96% всей материи во Вселенной. Естественно, возникает вопрос: не является ли факт выдвижения подобных гипотез свидетельством ограниченной сферы применимости выводов общей теории относительности? Может быть, настало время для настойчивых поисков оснований новой теории, способной обобщить или даже заменить эйнштейновскую теорию гравитации?

Какова арифметика больших чисел? Еще раз следует подчеркнуть, что в настоящее время общая теория относительности является наиболее развитой и глубокой теорией классического пространства-времени. Ее справедливость достаточно подтверждена многочисленными экспериментами в масштабах Солнечной системы и в окрестностях других звезд и даже отдельных галактик. В качестве примера следует назвать наблюдения гравитационного линзирования лучей света. Однако изложенное выше ставит под сомнение экстраполяцию закономерностей ОТО на Вселенную в целом и, как нам представляется, говорит о необходимости поиска более совершенной теории. Но тут же возникает вопрос: какие принципы должны быть положены в основание искомой теории? Очевидно, что они должны иметь более фундаментальный характер, нежели принципы ОТО. Укажем ряд имеющихся в литературе соображений о путях поиска новых теорий, которые могут оказаться более пригодными для описания мироздания в гигантских масштабах.

Прежде всего обратим внимание на идею, высказанную П.К. Рашевским, о возможности построения *арифметики, отличающейся от общепризнанной при очень больших числах*. В своей статье «О догмате натурального ряда» он писал: «Натуральный ряд и сейчас является единственной математической идеализацией процессов реального счета. Это монопольное положение осеняет его ореолом некой истины в последней инстанции, абсолютной, единственно возможной, обращение к которой неизбежно во всех случаях, когда математик работает с пересчетом своих объектов. Более того, так как физик использует лишь тот аппарат, который предлагает ему математика, то абсолютная власть натурального ряда распространяется и на физику и — через посредство числовой прямой — предопределяет в значительной степени возможности физических теорий... Быть может, положение с натуральным рядом в настоящее время имеет смысл сравнивать с положением евклидовой геометрии в XVIII в., когда она была единственной геометрической

теорией, а потому считалась некой абсолютной истиной, одинаково обязательной и для математиков, и для физиков. Считалось, само собой понятным, что физическое пространство должно идеально точно подчиняться евклидовой геометрии (а чему же еще?). Подобно этому мы считаем сейчас, что пересчет как угодно больших расстояний в физическом пространстве и т. п. должны подчиняться существующим схемам натурального ряда и числовой прямой (а чему же еще?)» [11].

П.К. Рашевский поставил ряд вопросов и высказал гипотезы относительно обобщений координатного пространства, построенного на основе иной аксиоматики арифметики, а в работах В.Л. Рвачева [12] было показано, что *изменения в представлениях о свойствах натурального ряда уже воплощены в физике в виде закономерностей специальной теории относительности*. Основные результаты его работ касаются не координатного пространства, а пространства скоростей (или импульсного пространства).

Как известно, в множестве вещественных чисел определены две групповые операции: сложения (и обратной – вычитания) и умножения (и обратной – деления). При обычном понимании этих операций их многократное применение приводит к появлению неограниченно больших чисел. Оказывается, можно так изменить определения групповых операций, что в принципе не смогут появиться числа, большие некоторого предельного числа c .

В.Л. Рвачев разработал арифметику с такими свойствами. При этом пришлось переопределить операции сложения и умножения. Новая операция сложения (вычитания) двух чисел определяется через привычные операции сложения и умножения, причем оказалось, что она соответствует закону сложения скоростей в специальной теории относительности. По этой причине данная операция была названа *релятивистским сложением (вычитанием)*. Она удовлетворяет всем привычным групповым свойствам, то есть определенные здесь операции являются обратными и удовлетворяют свойствам коммутативности, ассоциативности, для них имеется нуль с обычными свойствами, но, главное, в результате релятивистских сложений не появляются числа, большие некоего числа, соответствующего скорости света в теории относительности.

В специальной теории относительности фактически ограничиваются одной операцией релятивистского сложения, тогда как в новой арифметике определена и вторая операция – *релятивистское умножение (деление)*, которая является коммутативной, обладает свойством ассоциативности, для нее определена обратная операция и имеется единица с обычными свойствами.

В рамках релятивистской арифметики [12] были определены известные функции: степенная, экспоненты, логарифмы, тригонометрические и др. Более того, в теории, опирающейся на релятивистскую арифметику, вводятся специфические *релятивистские производные и интегралы*, обладающие свойствами соответствующих операций в общепринятом математическом анализе.

Отметим, что в современной физике пока не нашла применение в полном объеме развитая Рвачевым релятивистская арифметика. Возможно, это будет сделано в будущем. Для физики (точнее, для метафизики) важное значение имеет сам факт существования релятивистской арифметики. «Классическому случаю, – отмечает В.Л. Рвачев, – соответствует значение константы, равное нулю, и только в этом случае возникает в математике бесконечность. Выходит, что появлению этой (потенциальной) бесконечности математика обязана именно «рукам человеческим» или точнее – пальцам, с помощью которых люди научились считать. В принципе же, как это следует из приведенных результатов, для построения математики (впрочем, мы вправе говорить только о прикладной математике) допустимы, как мы видим, и другие пути, без бесконечности с порождаемыми ею парадоксами и различного рода монстрами. Прав был П.К. Рашевский, когда выступал против догматического взгляда на натуральный ряд. Что же касается ответа на вопрос, к каким последствиям для физических теорий может привести разрушение “монопольного положения натурального ряда”, то его должны дать физики» [12].

В последних работах В.Л. Рвачева была предпринята попытка применить новую арифметику к координатному пространству и на этой основе дать иную интерпретацию известных наблюдений по космологическому красному смещению в спектрах излучения от далеких астрофизических объектов. Было показано, что в такой теории также имеет место космологическое красное смещение от источников, находящихся на очень больших расстояниях. Однако в приведенной Рвачевым формуле космологическое красное смещение оказалось пропорциональным квадрату расстояния до источника, тогда как в общей теории относительности красное смещение пропорционально расстоянию в первой степени. Этот результат подтвержден астрофизическими наблюдениями. Но тем не менее наличие эффекта красного смещения в этой теории представляет несомненный интерес и заставляет более детально проанализировать выводы автора.

Этот вопрос был рассмотрен в нашей работе [13], причем мы решили подойти к нему с другой стороны, минимально отклоняясь от общепринятой общей теории относительности. В качестве модели было использовано сферически симметричное решение Котлера уравнений Эйнштейна с космологическим членом. Это решение известно физикам-гравитационистам иногда под другим названием «метрика Шварцшильда – де Ситтера», поскольку объединяет в себе эти две метрики. Как известно, для метрики Шварцшильда в координатах кривизн ключевое значение имеет вид компоненты $g_{00} = 1 - 2MG/c^2r$, где M – масса гравитирующего тела, G – ньютонова гравитационная постоянная, r – радиальная координата. Именно на основе этого выражения ведутся рассуждения о черных дырах. Поскольку данная компонента метрики должна быть больше нуля, то из записанного выражения следует минимальное значение радиальной координаты $rg = 2MG/c^2$, называемое гравитационным радиусом.

В метрике Коттлера аналогичная компонента метрики имеет вид: $g_{00} = 1 - 2MG/c^2r + \Lambda r^2/3$, где Λ – космологическая постоянная, которая в принципе может принимать как положительные, так и отрицательные значения. Очевидно, что на больших расстояниях доминирует последнее слагаемое. В случае отрицательного значения космологической постоянной возникает ограничение сверху на значение радиальной координаты. Это значение можно отождествить с выражением максимального значения координаты в работах Рвачева.

По известным формулам общей теории относительности было рассчитано космологическое красное смещение в метрике Коттлера. Было получено, что красное смещение пропорционально квадрату радиальной координаты, что соответствует выводам в работе Рвачева. В какой-то степени это отличается от экспериментальных данных, однако речь здесь идет не об окончательной теории, заменяющей ОТО, а лишь о модели, в некоем ограниченном смысле опирающейся на закономерности ОТО. Ее назначение состоит лишь в том, чтобы показать направление возможности поиска новой теории.

Заключение. Если соображения о существенном изменении пространственно-временных представлений на больших масштабах будут достаточно веско обоснованы, то это приведет к далеко идущим выводам. Может оказаться так, что никакого Большого взрыва, положившего начало существованию Вселенной, не было. Вселенная существовала всегда, а якобы наблюдаемое разбегание далеких галактик связано с изменением геометрии (арифметики по Рашевскому) или какими-то другими обстоятельствами на очень больших расстояниях. Естественно ожидать, что данный эффект должен наблюдаться любым наблюдателем, как бы далеко от нас он ни находился. Это аналогично тому, как, согласно специальной теории относительности, скорость света остается постоянной в любой системе отсчета, как бы быстро она ни двигалась относительно нашей системы отсчета.

Очевидно, доводы о необходимости более радикальных, нежели в ОТО, изменений наших представлений о пространстве и времени на больших расстояниях должны быть достаточно вескими. Например, в наших исследованиях изучается вопрос о замене субстанциального подхода к природе пространства-времени на реляционный, на котором настаивали Г. Лейбниц и Э. Мах и который затем развивался в работах Р. Фейнмана, Ф. Хойла и ряда других авторов. Известно, что сам Эйнштейн, приступая к построению общей теории относительности, пытался реализовать реляционные представления о мире Э. Маха. Некоторое время он даже полагал, что принцип Маха лежит в основе общей теории относительности. Однако оказалось, что это не так. Многие точные решения уравнений Эйнштейна имеют антимеховский характер. Например, наиболее важное сферически симметричное решение Шварцшильда соответствует островному распределению материи, тогда как, согласно принципу Маха, инерция должна определяться материей всей Вселенной, распределенной на больших расстояниях.

В настоящее время рано говорить о применении реляционной теории пространства-времени для объяснения космологических проблем. Можно лишь высказывать предварительные гипотезы и соображения. Более определенно можно будет говорить лишь тогда, когда на новой основе можно будет описывать множество наблюдаемых закономерностей, таких как космологическое красное смещение, необычные состояния вещества в центре галактик, реликтовое излучение и многие другие, которые сейчас довольно успешно описываются в рамках общепринятой общей теории относительности. В случае принятия иной точки зрения все нужно будет пересчитать и переинтерпретировать заново. Тем не менее нам представляется, что все это можно осуществить. Конечно, при этом встает множество новых вопросов, однако все они в сумме не могут перевесить кардинальную проблему метафизического характера, связанную с вопросами о том, что было до рождения Вселенной и, как выражался Спиноза, где висели часы, которые должны были отсчитать момент рождения мира?

ЛИТЕРАТУРА

1. Сб. тезисов 14-й Российской гравитационной конференции. – Ульяновск: Изд-во Ульяновского гос. пед. ун-та, 2011.
2. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. – Кн. 2: По пути Клиффорда–Эйнштейна. – М.: ЛИБРОКОМ, 2011.
3. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. – Кн. 3: Геометрическая парадигма: испытание временем. – М.: ЛИБРОКОМ, 2011.
4. *Владимиров Ю.С.* Геометрофизика. – 2-е изд. – М.: БИНОМ; Лаборатория знаний, 2010.
5. *Уилер Дж.* Эйнштейн: что он хотел // Проблемы физики: классика и современность. – М.: Мир, 1982. – С. 94–95.
6. *Фок В.А.* Квантовая физика и современные проблемы // Ленин и современное естествознание. – М.: Мысль, 1969.
7. *Фок В.А.* Теория пространства, времени и тяготения. – М.: Физматгиз, 1961.
8. *Зельманов А.Л.* Об основах космологии // Сб. тезисов докладов и сообщений на всесоюзном симпозиуме «Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии». – Киев, 1964.
9. *Зельманов А.Л.* Некоторые вопросы космологии и теории гравитации // Физическая наука и философия: Труды Второго Всесоюзного совещания по философским вопросам современного естествознания, посвященного 100-летию со дня рождения В.И. Ленина (М., декабрь 1970 г.). – М.: Наука, 1973.
10. *Иваненко Д.Д.* Возможности единой теории поля // Сб. тезисов докладов и сообщений на всесоюзном симпозиуме «Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии». – Киев, 1964.
11. *Рашевский П.К.* О догмате натурального ряда // Успехи матем. наук. – 1973. – Т. XXVIII. – Вып. 4 (172). – С. 243–246.
12. *Рвачев В.Л.* Релятивистский взгляд на развитие конструктивных средств математики. – Харьков: Препринт института проблем машиностроения АН УССР, 1990.
13. *Владимиров Ю.С., Кленецкий А.Н., Кречет В.Г.* // Вестник ЯГПУ. – 2011.

О МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМАХ КОСМОЛОГИИ И КВАНТОВОЙ ГРАВИТАЦИИ

А.Д. Панов

*Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына
Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова*

Показано, современные исследования в области космологии, квантовой космологии, квантовой гравитации и в некоторых других областях физики фактически вышли за рамки традиционной научной методологии, основанной на принципе наблюдаемости, и принципе воспроизводимости эксперимента, и принципе фальсифицируемости Поппера. Делается попытка установить новые методологические рамки, адекватные современному уровню исследований. С использованием материалов недавней статьи Ли Смолина [Smolin, 2009] обосновывается точка зрения, согласно которой следование традиционной методологии в упомянутых выше областях, хотя и логически допустимо, но непродуктивно. Выбор методологической базы исследований, в конце концов, является вопросом соглашения. Рассматривается метафизическая природа выбора научной методологии.

Методология (и философия) физики и примыкающих к ней научных дисциплин возникла и развивалась преимущественно на основе опыта лабораторных исследований и опыта наблюдений над регулярно повторяющимися небесными (астрономическими и метеорологическими) явлениями. В результате методология оказалась хорошо адаптированной именно к такому контексту и она неявно предполагает, что другого контекста не существует. В частности, в этом контексте очень полезными и эффективными оказались такие методологические принципы, как принцип наблюдаемости и принцип воспроизводимости эксперимента.

Согласно *принципу наблюдаемости*, результаты физических теорий должны быть сформулированы в терминах, которые могут быть определены операционально, то есть могут быть прямо связаны с некоторой процедурой измерения. Иными словами, любая теория должна быть сформулирована в терминах измеримых величин, в противном случае невозможно установить какую-либо связь теории с наблюдениями, а сами измеримые величины приобретают смысл в рамках определенных теоретических моделей. Во избежание недоразумений надо отметить, что некоторые ингредиенты теории, возникающие на промежуточных этапах в ее математическом аппарате, могут прямо не соответствовать никаким наблюдаемым величинам. Таков, например, произвольный фазовый множитель перед волновой функцией в

квантовой механике или точное значение потенциалов электромагнитного поля в электродинамике. Часто такие величины связаны с разными типами калибровочной инвариантности или калибровочной свободы, но могут появляться и по другим причинам. Принцип наблюдаемости показал свою исключительную эффективность, например, в обсуждении смысла понятия времени и одновременности при создании теории относительности и в обсуждении принципа неопределенности (микроскоп Гейзенберга) и дополненности во времена становления квантовой теории.

По нашему мнению, приведенная выше формулировка принципа наблюдаемости не только достаточно точно отвечает тому, как этот принцип был использован при создании специальной теории относительности и квантовой механики, но и практически точно таким же способом он используется в квантовой теории поля и в общей теории относительности (ОТО), пока речь не идет о космологических моделях. Здесь, кажется, не хватает связующих слов. Становление принципа наблюдаемости в физике связано в основном с именами Гейзенберга и Эйнштейна, и соответствующие формулировки приведены, в частности, в статье Гейзенберга, где он, в числе прочего, описывает свое обсуждение принципа наблюдаемости с Эйнштейном. Одна сторона принципа наблюдаемости, а именно то, что теории должны формулироваться в терминах наблюдаемых величин, сформулирована Гейзенбергом в упомянутой статье на с. 303 как «...мысль об описании явлений только с помощью наблюдаемых величин». Вторая сторона принципа наблюдаемости – что сами измеримые величины приобретают смысл только в рамках определенных теоретических моделей – была сформулирована Эйнштейном, слова которого Гейзенберг приводит там же: «Можно ли наблюдать данное явление или нет – зависит от вашей теории. Именно теория должна установить, что можно наблюдать, а что нельзя». Однако в статье отмечается, в частности, что отношение Эйнштейна к принципу наблюдаемости было сложным. Он, в частности, заметил, что «...каждая разумная теория должна позволять измерять не только прямо наблюдаемые величины, но и величины, наблюдаемые косвенно» и, по словам Гейзенберга, неодобрительно отзывался о принципе наблюдаемости в целом. Эйнштейн не определил точно, что следует понимать под косвенными измерениями в общем случае, поэтому не полностью понятно, что он имел в виду. Вопрос о косвенных наблюдениях не прост, и он будет иметь большое значение в нашем последующем обсуждении.

Согласно *принципу воспроизводимости* эксперимента, научную информацию дает только такой эксперимент (или наблюдение), который (по крайней мере в принципе) может быть воспроизведен неограниченное число раз и дает при этом повторяющиеся (воспроизводящиеся) результаты. Это имеет отношение к общему требованию, согласно которому наука должна приводить к воспроизводимому знанию. Однако принцип воспроизводимости имеет отношение не только к интерпретации экспериментальных результатов. С принципом воспроизводимости в теории тесно связано понятие ан-

самбля систем, которое является ядром многих теоретических схем. Воспроизводимость эксперимента подразумевает возможность иметь неограниченное количество копий изучаемой системы в заданном состоянии, над которыми можно проводить заданное измерение. Такое потенциально неограниченное число копий системы в заданном состоянии называется ансамблем. Важно отметить, что воспроизводимость в физике не обязательно означает точную повторяемость результатов измерений (в пределах ожидаемых ошибок) над системой в одном и том же исходном состоянии, но может означать лишь статистическую устойчивость средних значений или вероятностных распределений величин. В этом случае различные серии измерений должны приводить к одинаковым статистическим результатам в пределах ожидаемых флуктуаций статистики. Именно такой тип измерений над ансамблем и само существование ансамблей принципиально важны для формулировки квантовой теории, так как только в рамках ансамбля систем можно сделать ясным и недвусмысленным понятие средних значений и вероятностей, в терминах которых и формулируется связь квантовой теории с экспериментом. Следует добавить, что принцип воспроизводимости эксперимента и существование ансамблей определяет возможность измерений, в принципе, с любой наперед заданной точностью, так как статистические ошибки могут быть сделаны как угодно малыми за счет неограниченного увеличения использованного статистикой числа экземпляров из ансамбля. Таким образом, интерпретация принципа наблюдаемости как измеримости, в принципе, с любой наперед заданной точностью зависит от принципа воспроизводимости. Последнее замечание очень важно, так как мы увидим, что это требование самым фундаментальным образом нарушается в космологии.

Ниже мы рассмотрим соотношение принципов наблюдаемости и воспроизводимости с современными направлениями исследований в фундаментальной физике, при этом нам придется обсуждать некоторые новые понятия, для которых не существует сложившейся терминологии. Мы не будем вводить для них новых терминов, но вместо этого некоторые существующие понятия нагрузим новым смыслом и будем в рамках настоящей статьи использовать их не вполне традиционным образом. Такое словопотребление надо понимать чисто формальным образом, подобно тому, как, например, в математике под термином росток понимается множество функций с одинаковым локальным поведением в данной точке, но вовсе не новорожденное растение в биологическом смысле. Такими формальными терминами будут вводимые ниже понятия традиционной методологии, объективного измерения, предиктивности и модельной реальности. Начнем с понятия «традиционной методологии».

Научную методологию, основанную на принципах наблюдаемости и воспроизводимости эксперимента, будем называть (в данной статье) традиционной методологией. Помимо принципов наблюдаемости и воспроизводимости третьим важнейшим методологическим принципом является *прин-*

цип фальсифицируемости, означающий, что теория должна давать такие предсказания для эмпирической проверки (или гипотеза должна быть сформулирована таким способом), которые в принципе могут быть однозначно отвергнуты экспериментом (то есть мыслима ситуация, в которой результаты измерений противоречат утверждению гипотезы или следствиям теории). Принцип фальсифицируемости вместе с принципами наблюдаемости и воспроизводимости дает то, что можно было бы назвать критерием научности знания в современном понимании. Надо, однако, отметить, что так определенное понятие научной строгости содержит элементы модельной идеализации, это идеал научной строгости, и в практической реализации этого критерия всегда было множество тонкостей, на которых здесь нет возможности детально останавливаться. Так, например, ряды метеорологических наблюдений представляют вполне научное знание, хотя не удовлетворяют критерию воспроизводимости, так как по определению относятся к уникальным событиям; в математике существуют различные подходы к определению понятия доказательства, поэтому то, что надо понимать под воспроизводимым методом получения математических результатов, есть вопрос конвенции и т.д. Однако в реализации традиционной методологии наметились и такие проблемы, которые тонкостями не назовешь.

В физике принципы наблюдаемости и воспроизводимости были чрезвычайно полезными и конструктивными и не приводили к серьезным трудностям до тех пор, пока можно было ограничиться изучением относительно простых и компактных объектов. Однако перенос той же методологии на более сложные случаи приводит к очень серьезным проблемам. Вот пара характерных примеров.

Один пример относится к понятиям квантовой вероятности и квантового состояния в применении к сложным макрообъектам. Если рассматривается некоторая относительно простая квантовая система (например – спин электрона) в заданном состоянии, то в принципе можно рассмотреть ансамбль, состоящий из неограниченного числа копий таких систем. Это означает, что такой ансамбль в принципе можно приготовить для экспериментального изучения. Проведя над этим ансамблем достаточно большое количество взаимно дополнительных (в квантовом смысле) измерений, можно с любой наперед заданной точностью определить распределения вероятностей и ожидаемые значения соответствующих наблюдаемых и с их помощью полностью реконструировать начальное состояние системы (это иногда называется квантовой голографией или томографией состояния). Например, для ансамбля, представляющего некоторое спиновое состояние электрона, достаточно измерить средние значения спина вдоль трех различных направлений. Аналогичную процедуру можно реализовать и в более сложных случаях. В этом смысле квантовые вероятности, как и квантовое состояние, полностью удовлетворяют принципу наблюдаемости, являются нормальными физическими характеристиками системы и являются наблюдаемыми элементами физической реаль-

ности. Хотя, конечно, нужно отметить, что состояние есть операционально определенная характеристика ансамбля квантовых систем, но не единичной квантовой системы. Под системой, обладающей состоянием, надо понимать ансамбль единичных квантовых систем, а не каждую единичную квантовую систему отдельно. Такова природа квантового мира.

Если рассмотреть пару электронов или, например, атом водорода, состоящий из протона и электрона, то будем иметь сложные квантовые системы, состоящие из более простых. Эти более сложные системы тоже могут характеризоваться квантовыми вероятностями и квантовыми состояниями, которые операционально могут быть определены на языке ансамблей, подобно тому, как это было показано выше. Принципиальных проблем не возникает. Сложная система, состоящая из двух или нескольких более простых квантовых подсистем, сама является квантовой системой и обладает квантовым состоянием, как и следовало ожидать.

Однако, если в качестве сложной системы, состоящей из квантовых подсистем – атомов и молекул, рассмотреть сложный макроскопический объект, например мозг некоторого конкретного человека, то окажется, что принципиально невозможно построить ансамбль таких систем в заданном состоянии. Мало того, что каждый человек абсолютно уникален, один и тот же человек на протяжении своей жизни не окажется даже дважды в одном и том же состоянии (в том числе – из-за неустранимого квантового взаимодействия с окружением), не говоря о неограниченном количестве повторений состояния. Подчеркнем, что состояние крупного и сложного макрообъекта, вообще говоря, принципиально невоспроизводимо в нашей Вселенной, так как оно подвергается непрерывному и неконтролируемому воздействию со стороны всей остальной Вселенной (например, в форме теплового излучения и микроволнового реликтового излучения). Фактически каждое состояние макрообъекта (не только мозга) столь же уникально, как и состояние всей Вселенной, из-за непрерывного, неустранимого и неконтролируемого квантового перепутывания состояния этого макрообъекта с состоянием оставшейся части Вселенной. Отсюда следует, что, строго говоря, квантовые вероятности и квантовые состояния сложных макрообъектов вроде человеческого мозга являются принципиально операционально неопределимыми. Означает ли это, что квантовое состояние мозга человека просто не существует и мозг вообще не может рассматриваться как квантовая система? Это кажется нелепым, ведь он заведомо состоит из частей – атомов, каждый из которых является квантовой системой. Тем более что весьма плодотворными в квантовой теории являются разного рода мысленные эксперименты, в которых рассматриваются системы, одной из составных частей которых является сознание наблюдателя, трактуемое как квантовая система. Строго говоря (в рамках традиционной научной методологии), рассмотрение таких мысленных экспериментов с точки зрения принципов наблюдаемости и повторимости методологически неприемлемо.

Другой пример связан с квантовой космологией. Здесь дела обстоят еще хуже, так как объектом изучения квантовой космологии должно быть квантовое поведение Вселенной в целом. В рамках квантовой космологии Вселенная приобретает статус всеобъемлющего и тем самым принципиально единственного в своем роде физического объекта, который при этом является существенно квантовым и совершает уникальную квантовую эволюцию. В этом случае возникает множество проблем, одной из которых является то, что квантовые вероятности и квантовое состояние такой всеобъемлющей системы заведомо не имеют простого операционального смысла, так как ничего подобного ансамблю вселенных в одном и том же начальном состоянии, с экспериментальной точки зрения, иметь невозможно. Между тем рассматривать Вселенную как квантовый объект необходимо для того, чтобы понять некоторые реально наблюдаемые явления. Среди них важнейшими являются анизотропия реликтового излучения и характер крупномасштабной неоднородности в распределении вещества во Вселенной, которые являются следствием квантовых флуктуаций на очень ранней стадии эволюции Вселенной, когда были существенны крупномасштабные квантовые эффекты. Более того, квантово-космологические представления уже были применены с исключительным успехом для предсказания углового спектра анизотропии реликтового излучения (включая очень тонкие детали явления) и масштаба неоднородности наблюдаемого распределения вещества во Вселенной. Как понять этот результат? С точки зрения традиционной методологии, он неприемлем, так как представление о Вселенной как о квантовом объекте в рамках принципов наблюдаемости и повторяемости лишено смысла. Однако успех этого «методически неприемлемого» подхода слишком уж очевиден. Налицо парадокс, требующий разрешения.

По поводу квантовой космологии сделаем одно важное замечание. С квантовой космологией очень тесно связаны квантовые теории гравитации. Связь здесь такая. Не любая космологическая модель или теория, в которой существенны квантовые эффекты, является в то же время и моделью квантовой гравитации. Например, квантовые флуктуации, приводящие к анизотропии реликтового излучения, не имеют отношения к квантово-гравитационным эффектам и могут рассматриваться вне моделей квантовой гравитации. Речь здесь идет о квантовых флуктуациях поля инфлатона – скалярного поля, приводящего к инфляции, которые являются обычными квантово-полевыми флуктуациями (хотя рассматриваются на фоне искривленного и динамически изменяющегося пространства-времени), не имеющими прямого отношения к квантовой гравитации или квантованию пространства-времени. Но почти любая квантово-гравитационная теория описывает как единую квантовую систему все пространство-время, то есть фактически является одновременно и моделью квантовой космологии. В этом качестве для квантовой гравитации характерны все те методологические проблемы, которые были упомянуты выше в отношении квантовой космо-

гии. Ниже, говоря о проблемах квантовой космологии, мы всюду будем подразумевать и аналогичные проблемы в квантовой гравитации.

Как могут быть разрешены эти парадоксы (то есть почему и как «методологически неприемлемые» теории приводят к практически полезным результатам), до сих пор не вполне ясно. Наша точка зрения состоит в том, что эти парадоксы являются следствием попытки механически распространить традиционную методологию науки за те рамки, в пределах которых эта методология ранее была установлена и апробирована. Вероятно, следует честно признать, что методология науки не является чем-то совершенно незыблемым, но определенная методология может иметь границы применимости подобно тому, как имеет границы применимости и каждый отдельный физический закон. Важно отдавать себе отчет о возможности существования таких границ и необходимости ревизии важнейших методологических принципов при вынужденном выходе за эти границы. Где же находятся эти границы и что могут представлять собой новые методологические принципы?

Представляется, что космология (и особенно квантовая космология), квантовая гравитация и некоторые другие разделы физики вроде квантовой теории сознания заведомо лежат за этими границами, о чем и говорят упомянутые выше парадоксы. Просто каким-либо уточнением существующих методологических принципов здесь, видимо, не обойтись – изменения методологии должны быть явными и довольно радикальными. Впрочем, исследователи в этих областях науки фактически уже давно выходят за рамки стандартной научной методологии (как это понятие было определено выше), но делают это неявно и, видимо, часто не вполне осознанно.

Поэтому ощущается необходимость заменить принципы наблюдаемости и воспроизводимости эксперимента некоторыми более общими положениями. Попробуем сформулировать их следующим образом. Во-первых, теории должны всего лишь давать предсказания, хотя бы косвенно проверяемые в экспериментальных наблюдениях, но необязательно все существенные выходные данные теории должны быть строго операционально определимы. Это положение ниже будем называть *принципом предиктивности*, который заменяет принцип наблюдаемости. Во-вторых, сами экспериментальные наблюдения должны обладать свойством объективности, но не обязательно воспроизводимости. Это положение будем называть *принципом объективности* наблюдений, оно заменяет принцип воспроизводимости эксперимента. Введенные методологические положения требуют пояснений (в частности, было использовано неопределенное понятие косвенного измерения). Хотелось бы, конечно, дать точные, строгие и исчерпывающие определения для введенных понятий, но эта задача представляется слишком сложной, и мы не будем пытаться ее здесь решить. Вместо этого поясним смысл введенных понятий просто на уровне здравого смысла, с использованием нескольких примеров.

Под «объективными экспериментальными наблюдениями» (принцип объективности) здесь понимаются наблюдения, обладающие следующими двумя свойствами. Во-первых, такие наблюдения подразумевают, что их результаты прямо доступны неограниченному числу экспертов-наблюдателей. Тем самым исключены, например, самонаблюдения над индивидуальным состоянием сознания экспериментатора и другие подобные наблюдения субъективного характера. Это нетривиально, так как некоторые подходы к интерпретации квантовой теории, и в частности в отношении квантовой структуры Вселенной, могут включать подобные самонаблюдения [12]. Допущение подобных субъективных методов означало бы дальнейшее расширение методологической базы, что в данном случае не требуется. Во-вторых, требуется, чтобы наблюдения осуществлялись с помощью оборудования, которое приводит к воспроизводимым результатам в обычном смысле в тестовых экспериментах и калибровочных измерениях. От самих результатов измерений воспроизводимости, вообще говоря, не требуется, так как они могут иметь в каком-то смысле уникальный характер или не быть воспроизводимыми контролируемым образом. Примерами объективных, но невозпроизводимых наблюдений являются наблюдения некоторых уникальных астрофизических событий, например, нейтринной вспышки от взрыва сверхновой 1987А в Магеллановом облаке [10; 13]. Ясно, что в данном случае о воспроизводимости измерений в обычном смысле говорить не приходится, но критерии объективности выполнены. Невоспроизводимость некоторых объективных наблюдений нередко создает проблемы. Так, например, в то время как особых сомнений в достоверности регистрации нейтринного сигнала сверхновой 1987А нет (так как он был зарегистрирован несколькими нейтринными телескопами с разной степенью надежности), то же самое нельзя сказать о регистрации гравитационного импульса, сопровождающего взрыв сверхновой 1987А, единичной установкой в Римском эксперименте по обнаружению гравитационных волн (см.: [Там же]).

Отметим, что принцип объективности наблюдения представляет собой ослабленный принцип воспроизводимости, так как из воспроизводимости эксперимента всегда следует объективность соответствующего наблюдения, но обратное, вообще говоря, неверно. Иначе говоря, выполняется принцип соответствия принципа объективности наблюдения по отношению к принципу воспроизводимости. Можно отметить, что в качестве критерия научности экспериментальных результатов принцип объективности наблюдения очень часто и уже довольно давно используется неявно вместо критерия воспроизводимости эксперимента.

Рассмотрим теперь более подробно принцип предиктивности для теорий и гипотез. Принцип предиктивности требует, чтобы теории давали принципиально проверяемые следствия (вовсе необязательно, чтобы эти следствия были проверяемы на уже достигнутом технологическом уровне!), некоторым образом (хотя бы косвенно) связанные с экспериментом, но не

требует, чтобы каждый существенный ингредиент теоретической модели обязательно имел строгий операциональный смысл. Мы затрудняемся в общем виде определить, что следует понимать под непрямой (косвенной) связью теории и эксперимента, которая (связь или теория?), по сути, является ядром понятия предиктивной теории. Вместо этого разберем смысл понятия предиктивности на важном и весьма нетривиальном реальном примере предсказания и последующего обнаружения анизотропии реликтового излучения, а вопрос о точном определении оставим для будущих исследований.

Квантовая теория, будучи примененной к ранним (инфляционным) стадиям эволюции Вселенной, предсказывает определенное распределение для квантовых флуктуаций поля инфлатона, которые в конце концов и становятся источником неоднородности распределения материи горячей Вселенной и, затем, анизотропии реликтового излучения. Переход из фазы инфляции к фазе разогрева Вселенной [2; 8] эквивалентен некоторому измерению (в том смысле, в котором измерение понимается в квантовой теории) амплитуды этих квантовых флуктуаций. Виртуальные квантовые флуктуации поля инфлатона фиксируются в виде флуктуаций плотности материи и излучения в классическом результате такого «измерения». Строго говоря, существенно то, что квантовая теория предсказывает лишь распределение вероятностей для получения различных картин распределения этих флуктуаций в пространстве и, соответственно, для получения различных распределений угловой анизотропии температуры реликтового излучения по небу. Чрезвычайно важны две вещи. Во-первых, соответствующие квантовые вероятности операционально неопределимы (так как невозможен ансамбль вселенных), при том, что они представляют собой основной результат теоретической модели. То есть мы имеем дело с теорией, явно не удовлетворяющей классическому принципу наблюдаемости: теория предсказывает величины, которые невозможно наблюдать. Во-вторых, то, что мы видим, является результатом всего лишь единичного «измерения» картины распределения флуктуаций из всего того множества, которое описывается распределением вероятностей. На месте ансамбля, который подразумевается теорией, оказывается единственный представитель этого ансамбля. Поэтому в точности то, что мы видим, с точки зрения квантовой теории принципиально непредсказуемо, так как квантовая теория не предсказывает результаты единичных измерений – она предсказывает только распределения вероятностей в ансамблях систем. Мы же имеем дело с единичным результатом измерения, который, в соответствии с теорией, может быть просто любым. Что же в таком случае можно сравнить (и реально сравнивается) с теорией?

Фактически теория предсказывает, что наиболее вероятны такие распределения флуктуаций плотности в момент разогрева Вселенной, которые приводят к вполне определенному спектру неоднородностей плотности (а именно к почти плоскому масштабнo-инвариантному спектру) и затем к определенным корреляциям в распределении температуры реликтового излучения по

небу (к определенному типу анизотропии). В предположении, что именно такая наиболее вероятная картина и реализовалась, можно сравнить то, что мы видим, с тем, что теория предсказывает в качестве наиболее вероятного результата. Но мы априори не имеем никаких гарантий, что реализовался именно наиболее вероятный результат. Поэтому если мы обнаруживаем в наблюдениях существенное отклонение от этого наиболее вероятного результата, то нет никакого способа решить, в чем дело: теория неверна или мы имеем дело с большой квантовой статистической флуктуацией.

Интересно, что реально имеет место именно этот последний случай. Имеется существенный недостаток в анизотропии с большими углами (одна или две низшие угловые гармоники в анизотропии), и невозможно понять, имеем ли мы дело со статистической флуктуацией или с теорией что-то не то. Существенное отличие ситуации, с которой мы сталкиваемся, от нормальной ситуации в квантовой теории измерений состоит в том, что нормально мы можем измерить все распределения вероятностей или средние значения с любой наперед заданной точностью, просто используя достаточно большой ансамбль систем. В космологии анизотропии реликтового фона, напротив, мы имеем дело фактически с единичным результатом квантового измерения или с ансамблем, состоящим из всего одного экземпляра системы и одного измерения над ней, и ничего не можем сделать для того, чтобы уменьшить статистическую погрешность. И мы в принципе не имеем никаких гарантий (кроме здравого смысла и статистических оценок), что полученное согласие или несогласие теории и наблюдений не является результатом просто статистической флуктуации. Таким образом, хотя связь теории с экспериментом имеется (и чисто внешне выглядит как очень хорошее подтверждение теории наблюдениями, что и представляется общественности), на самом деле эта связь весьма косвенная (это можно рассматривать как один из примеров косвенного измерения), и принцип наблюдаемости для теории не выполнен. Теория дает предсказания, лишь достаточно сложным (косвенным) образом связанные с наблюдением, и это есть пример выполнения для теории принципа предиктивности, но не принципа наблюдаемости в точном смысле. В данном случае эта лишь косвенная связь теории с измерениями приводит к тому, что теория принципиально не может быть проверена со сколь угодно высокой точностью, что в принципе должно иметь место в рамках стандартного научного метода, по крайней мере в идеале.

Эта фундаментальная неопределенность хорошо известна и называется космической неопределенностью (cosmic variance) [3; 7]. Для мультиполя с № 1 в анизотропии реликтового фона относительная амплитуда этой неустранимой вариабельности составляет величину порядка $(1 + 1/2) - 1/2$, что для низшего мультиполя $l = 2$, который соответствует углу примерно 90° , дает величину масштаба 50%. Именно здесь имеется максимальное расхождение теории и эксперимента, которое составляет величину около 90% от ожидаемого значения (то есть наблюдается анизотропия в десять раз ниже ожидае-

мой). Хотя такое расхождение на фоне ожидаемой неустранимой неопределенности в 50% невозможно считать статистически значимым, остается ощущение тревожной неопределенности в отношении природы этого отклонения. Важно, что никаким улучшением экспериментальных методик неопределенность эту устранить невозможно. Отметим, что ни в цитированных статьях [3; 7], ни в других источниках, где обсуждается космическая неопределенность, не представлено явное понимание того, что эта неопределенность является выражением принципиального ослабления эмпирической методологической базы в квантовой космологии по сравнению с традиционной методологией.

Можно заметить, что и в обычных квантовых измерениях (да и в любых других измерениях) результат тоже всегда получается лишь с конечной точностью. Однако эту точность в принципе всегда можно неограниченно увеличивать, используя ансамбли все большего размера, в то время как в примере наблюдения анизотропии реликтового фона никакое увеличение точности невозможно, так как мы ограничены ансамблем, состоящим из единственного квантового измерения. Эта ограниченная точность является для нас таким же фундаментальным свойством нашей Вселенной, как и принцип неопределенности, что является выражением более ограниченной эмпирической базы предиктивной теории по сравнению с теорией, отвечающей принципу наблюдаемости.

В отношении предиктивных теорий возникает следующий важный вопрос. Предположим, некоторая теория прошла проверки экспериментом и дала важные предсказания новых явлений, существование которых тоже подтверждено наблюдениями. При этом теория содержит существенные элементы, которые прямо не связаны с выполнимыми наблюдениями и не имеют прямого операционального смысла. Такими элементами могут быть некоторые объекты или некоторые свойства каких-либо объектов. Более того, теория может явно запрещать возможность прямого наблюдения этих элементов. Обоснованно предполагая, что теория «правильная», так как она дает правильные и полезные предсказания, должны ли мы считать такие ненаблюдаемые элементы реальными вместе с «реальностью» теории?

Я думаю, что дело здесь в неверной постановке вопроса как «или-или». Когда мы интересуемся, реален некоторый объект или не реален, мы неявно апеллируем к традиционной методологии, основанной на принципе наблюдаемости. В рамках традиционной методологии понятие реальности хорошо определено: что наблюдаемо, то и реально. Мы же работаем в рамках новой методологии, и в рамках этой методологии такие объекты получают статус, который не отвечает точно ни «реальности» ни «не реальности» в рамках старой методологии. Такой статус объекта логично назвать *модельно-реальным*, и этот статус не соответствует точно ни одному из старых понятий. Важно также отметить, что некоторый объект, который на определенном этапе развития теории имеет статус модельно-реального, со временем в

принципе может поменять свой статус на просто реальный, то есть доступный прямому наблюдению. Для того чтобы пояснить понятие модельной реальности теоретических объектов (элементов теории), полезно рассмотреть некоторые примеры.

Пару примеров модельно-реальных объектов мы уже фактически упоминали выше – это квантовое состояние Вселенной в моделях квантовой космологии и квантовой гравитации и квантовые состояния сложных макроскопических объектов. Другим объектом этого типа, и, возможно, одним из самых интересных таких объектов, является инфляционный Мультиверс и заполняющие его «другие вселенные».

Как известно, инфляционная космология (для наиболее свежего обзора см. [2; 9; 11]) смогла решить многие загадки фридмановской космологии и дала важнейшее предсказание анизотропии реликтового излучения, которое было блестяще подтверждено в более поздних наблюдениях. Инфляционная модель предсказала также точное равенство плотности энергии во Вселенной единице и соответствующую этому обстоятельству глобальную нулевую кривизну пространства, которые априори неоткуда было ожидать. Это предсказание для плотности энергии тоже подтверждено в настоящее время с точностью 0,02. Таким образом, инфляционная космология обладает не только большой объяснительной способностью, но и предсказательной силой. Однако большая часть инфляционных сценариев, в том числе наиболее простые и естественные сценарии, которые пока лучше всего соответствуют наблюдениям, описывают инфляционное рождение не одной Вселенной (нашей собственной), а сразу огромного числа вселенных (можно считать, что актуально бесконечного числа). Эти дополнительные вселенные являются практически неизбежным (или, по крайней мере, очень естественным) компонентом теории, которая прекрасно согласуется с наблюдениями. Множество этих вселенных называется *Мультиверсом*, или инфляционным Мультиверсом. Геометрия Мультиверса такова, что все другие вселенные в простейшем случае (в случае отсутствия топологических дефектов пространства, см. далее) оказываются за нашим горизонтом событий и потому непосредственно недоступны для наблюдения. По этой причине Мультиверс, в соответствии с теорией инфляции, породившей это понятие, не удовлетворяет принципу наблюдаемости и в традиционной методологии должен быть признан несуществующим, а структура самой теории инфляции неудовлетворительной, как предсказывающей существенно ненаблюдаемые объекты.

Заметим, что Мультиверс не является каким-то второстепенным элементом теории, появляющимся лишь на промежуточных этапах вычислений, вроде фазового множителя перед волновой функцией в квантовой механике. Здесь причина «существенности» ненаблюдаемых объектов состоит, в частности, в том, что внутри самой инфляционной космологии наша собственная Вселенная имеет точно такой же статус, как и все другие локальные вселенные Мультиверса. Все они являются наблюдаемыми с точки зрения гипоте-

тических локальных наблюдателей, помещенных в эти локальные вселенные, но только не с нашей собственной локальной точки зрения. То есть здесь причина существенности объекта в теории состоит в существовании гипотетических наблюдателей, для которых объект реален в обычном смысле. При этом никаких «выделенных» наблюдателей сценарий хаотической инфляции не предусматривает. Эта причина отличается от причины существенности операционально неопределимых вероятностей в квантовой космологии и квантовой теории макрообъектов (см. выше).

Таким образом, так как инфляционная космология является весьма успешной теорией, подтверждаемой наблюдениями, но при этом подразумевает существование ненаблюдаемого Мультиверса, то Мультиверс в этой теории имеет статус модельно-реального объекта.

Поясним, как в принципе Мультиверс может менять статус с модельно-реального на просто реальный. Если вселенные Мультиверса могут иметь топологические дефекты в виде пространственно-временных тоннелей, известных как кротовые норы, то не исключено, что они могут соединять различные вселенные (имеются соответствующие модели, являющиеся решениями уравнений ОТО (см. [16])). Тогда через такой тоннель вселенные в принципе могут обмениваться информацией или даже материей. Кротовые норы в нашей Вселенной могут проявлять себя как астрофизические объекты особого рода [15]. Если такие объекты когда-нибудь будут обнаружены и будет показано, что они действительно соединяют разные вселенные, то существование Мультиверса может быть доказано прямыми наблюдениями, после чего Мультиверс получит статус просто реального объекта.

Мультиверс является довольно экзотическим объектом, поэтому и его статус как модельно-реального объекта не слишком удивляет. Однако можно показать, что статус модельно-реального элемента теории имеет и гораздо более привычное представление о глобальной однородности Вселенной. Действительно, проводя астрономические наблюдения очень удаленных областей Метагалактики, мы одновременно смотрим в далекое прошлое. Так как Вселенная расширяется, то в далеком прошлом плотность материи в ней была много выше, чем сейчас. Поэтому в прямых наблюдениях удаленных областей пространства мы обнаружим среднюю плотность материи более высокую, чем в нашем непосредственном окружении. Утверждение же о глобальной однородности Вселенной относится к плотности материи, измеренной в одно и то же космологическое время во всех точках пространства. Но одновременные с нами в смысле космологического времени и удаленные на космологические расстояния участки пространства находятся за нашим горизонтом событий и принципиально недоступны прямым наблюдениям. То есть если под прямыми наблюдениями понимать наблюдения причинно связанных с нами объектов, то однородность Вселенной не является прямо наблюдаемым свойством Вселенной. Глобальную однородность Вселенной можно подтвердить только сравнив предсказания однородной космологиче-

ской модели Фридмана–Робертсона–Уокера с результатами наблюдений или пересчитав прямо наблюдаемую картину распределения плотности для разных времен (в зависимости от расстояния) на один и тот же момент космологического времени во всем пространстве в соответствии с моделью Фридмана–Робертсона–Уокера. Глобальная однородность Вселенной приобретает реальность только благодаря интерпретации экспериментальных данных с помощью однородных и изотропных космологических моделей, но недоступна в прямых наблюдениях, поэтому она имеет статус модельно реальной, подобно Мультиверсу. В этом смысле предсказанная моделями инфляции картина анизотропии реликтового излучения тоже может (и даже должна) интерпретироваться как косвенное проявление существования Мультиверса. Более того, причина не полной, а лишь модельной реальности для Мультиверса и для однородности Вселенной одна и та же – в обоих случаях речь идет о реальности объектов, находящихся за нашим горизонтом событий.

Пример с глобальной однородностью Вселенной показывает, что различие между реальностью и модельной реальностью теоретических объектов является довольно тонким и часто не осознается. Модельная реальность объектов наивно принимается просто за реальность.

Вернемся к принципу фальсифицируемости теорий. В традиционной методологии, если некоторая теория дает проверяемые следствия, то эти следствия могут быть в принципе проверены с любой требуемой точностью благодаря принципу воспроизводимости эксперимента. Поэтому, если только следствия теории не слишком тривиальны, теория автоматически оказывается фальсифицируемой, причем фальсифицируемой с любой требуемой надежностью (когда она приводит к следствиям, противоречащим результатам наблюдений). В новой методологии ситуация сложнее, что мы видели на примере измерения анизотропии реликтового фона. Так как эксперимент может не обладать свойством воспроизводимости по отношению к рассматриваемой теории (мы имеем только один экземпляр рисунка анизотропии фона на небе, а надо бы – неограниченную выборку таких рисунков), то и теория не может быть фальсифицирована с любой наперед заданной степенью надежности. Расхождение наблюдений с теорией всегда можно списать на счет неконтролируемой флуктуации. Новая методология приводит к возможности фальсификации теорий лишь с ограниченной степенью точности. Таким образом, изменение в принципах наблюдаемости и воспроизводимости неминуемо влечет изменение в понимании и принципа фальсифицируемости.

Вне всяких сомнений, принятие новой методологии означает снижение уровня научной строгости, что не может не вызывать беспокойства. Применение новой методологии в традиционных областях науки было бы совершенно неоправданным. Однако альтернатива, насколько мы ее понимаем, такова: либо значительную часть современной космологии и квантовой теории надо признать лежащей вне науки (если строго придерживаться традиционной методологии), либо принять новую методологию (как она была

представлена в этой статье или какую-нибудь ее модификацию) и продвигаться дальше в таких дисциплинах, как инфляционная и квантовая космология, квантовая гравитация, квантовая теория сознания и некоторых других направлениях, настоятельно требующих расширения методологической базы.

Нет никакой возможности строго доказать, что новая методология в каком-то смысле более правильная или менее правильная, чем традиционная. Нам представляется, что возможны два разных пути в оценке ее статуса.

Первый путь состоит в том, чтобы отнести к новой методологии как к философскому методологическому принципу, который не может быть доказан, но может быть принят или отвергнут в зависимости от мировоззренческой позиции исследователя. Иными словами, принимать новую методологию или не принимать – это вопрос соглашения или личного выбора. По-другому эту мысль можно выразить сказав, что вопрос решается на метафизическом уровне. В конечном счете обоснованность выбора может определяться только субъективно понятой продуктивностью того или иного решения. Фактически новая методология или какой-то ее вариант принимается большинством исследователей, работающих в упомянутых выше областях. Однако выбор новой научной методологии рефлексировается очень слабо, остается неявным, и это порождает немало недоразумений вплоть до того, что, например, космологи объявляются шарлатанами, Мультиверс – «научным мифом» и т. д. Явная рефлексия ситуации философского метафизического выбора позволяла бы более обоснованно возражать критикам космологии как «иронической науки».

Есть и второй путь в оценке статуса новой методологии, который позволяет снять проблему выбора методологии. Этот путь представляет как бы отстраненный взгляд на всю ситуацию сверху. Будем считать, что обе методологии (традиционная и новая) актуальны и обе принимаются, но мы должны согласиться, что одна методология допускает, вообще говоря, один набор исследуемых объектов и соответствующий набор результатов, другая – допускает другой набор объектов и, соответственно, другой набор результатов. Иными словами, каждая методология характеризуется своей областью «научных истин», эти области, вообще говоря, различны (хотя могут и частично пересекаться), и вся конструкция существует «одновременно». Таким образом, возникает чисто реляционное понятие научной истины, когда понятие истины представляет собой соответствия типа «методология – область результатов». В этой связке левая ее компонента – методология – это философское понятие, а правая компонента – научное понятие. Правая, научная компонента пары, получается экспериментально-дедуктивным методом в рамках методологии, задаваемой левым, философским компонентом пары. Таким образом, схема понимания существования многих разных научных методологий становится *реляционной философско-научной конструкцией* (РФНК).

Подчеркнем, что, хотя все это и немного напоминает соответствие между научными парадигмами и получаемыми в рамках этих парадигм научными результатами, это вовсе не то же самое. Различные научные парадигмы обыкновенно мыслятся в рамках одного и того же представления о научной методологии вообще, или, другими словами, в рамках одного представления о том, «что такое вообще наука». В РФНК устанавливается связь между различными представлениями о том, что такое наука как таковая (научная методология), и различными наборами результатов.

При этом в рамках каждой научной методологии по-прежнему может существовать множество различных парадигм, которые обычным образом сменяют или дополняют друг друга. Научная методология есть нечто существенно более широкое, чем научная парадигма. Связь между научной парадигмой и ее результатами есть связь между различными научными категориями, строящаяся внутри науки, а связь между научной методологией и соответствующими результатами есть связь между объектами различной гносеологической природы – между философскими принципами и научными результатами.

Надо сделать несколько замечаний о структуре РФНК. Во-первых, хотя в обсуждении РФНК мы пока явно упоминали только две научные методологии, она допускает существование и других методологий. В частности, в связи с исследованиями М.Б. Менского мы уже упоминали методологию, которая могла бы допускать индивидуальное самонаблюдение сознания. Различные научные методологии, фигурирующие в РФНК, не являются совершенно произвольными, но связаны друг с другом принципом соответствия, образуя иерархическую структуру. В корне этой структуры лежит традиционная научная методология, основанная на принципах воспроизводимости и наблюдаемости, являющаяся наиболее строгой и поддерживающая наиболее узкий круг систем, допускающих исследование, и наиболее узкий круг самых строгих научных результатов. Прочие методологии являются обобщениями традиционной научной методологии в различных направлениях. При этом сами они могут как включать друг друга, так и пересекаться лишь частично, но все они включают традиционную методологию в рамках принципа соответствия. Чем дальше методология располагается от корня всей системы – традиционной методологии, тем менее строгой она становится. Под самой общей методологией можно понимать метафизику. Под метафизикой здесь мы понимаем такой способ высказывания суждений, когда требуется подчинение этих суждений логике (явные противоречия не допускаются), но не предполагается возможность их верификации иными способами. РФНК схематически представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема реляционной философско-научной конструкции (РФНК)
Черный кружок представляет традиционную научную методологию

Важным обстоятельством является то, что определенные представления о реальности определенных объектов исследования, вообще говоря, не имеют постоянного места в схеме РФНК, но совершают движение от периферии к центру. Так, например, концепция многих миров (Мультиверс) возникла впервые как чисто метафизическая конструкция. Она использовалась, в частности, для прояснения смысла антропного принципа. В рамках инфляционной космологии Мультиверс уже получает некоторый экспериментальный статус, так как является элементом теории, дающей проверяемые экспериментальные предсказания (анизотропия микроволнового фона). В связи с этим мы говорили о других вселенных как о модельно-реальных объектах, и они оказываются в сфере новой методологии, более узкой, чем метафизика. Если будут найдены проходимые топологические тоннели пространства, связывающие разные вселенные, то другие вселенные могут стать наблюдаемыми в обычном смысле, и Мультиверс окажется в рамках традиционной научной методологии. По мере продвижения объекта исследования от периферии конструкции к ее центру укрепляется эмпирический базис этого объекта. Что-то похожее может происходить и с другими научными представлениями. Таким образом, РФНК не является статической конструкцией, но напоминает, скорее, конвейер, по которому научное знание транспортируется с периферии всей конструкции в направлении ее внутренних областей. Наша задача – любое знание продвинуть как можно ближе к центру. Надо понимать, что в каждом конкретном случае возможность достигнуть центра, вообще говоря, не гарантирована.

В концепции РФНК научное знание принимает чисто реляционный характер. Один и тот же набор результатов может рассматриваться как истин-

ный или нет (или даже просто лишенный смысла) в зависимости от того, относительно какой методологии мы его рассматриваем. Означает ли это, что понятие просто истины (абсолютной истины) исчезло? Думаю, что нет. Приведу аналогию. В математике известна так называемая теорема Гудстейна, которая является некоторым утверждением о целых числах (пример взят из книги Роджера Пенроуза [14]). Для небольших натуральных чисел можно прямо проверить, что для любого целого числа утверждение этой теоремы справедливо. У аккуратного исследователя этой теоремы через некоторое время возникает интуитивное понимание, почему она должна быть верна и для всех натуральных чисел. Тем не менее было доказано, что в обычной арифметике (в аксиоматике Пано) ее доказать невозможно. Утверждение Гудстейна не является теоремой. Однако доказать утверждение удастся, если вместо обычного принципа индукции арифметики использовать его обобщение, известное как трансфинитная индукция. То есть в одной парадигме утверждение Гудстейна является теоремой, в другой – не является, но при этом оно является истинным в некотором высшем смысле: какие целые числа ни проверять, теорема действительно выполняется. Она просто верна, независимо от наших внутренних установок при попытке ее доказать. Математическая истина в данном случае существует «как бы» сама по себе, независимо от того, под каким углом зрения мы хотим на нее смотреть. Наши различные подходы – это только разные пути, которые ведут к абсолютной математической истине. Концепция РФНК тоже представляет не истину как таковую, а только доступные для нас способы приближения к ней. Истина же просто есть, и все. Подчеркнем, что наша убежденность в существовании абсолютной истины физики имеет метафизический характер – ее существование невозможно доказать, и оно не требует доказательства.

Очень интересной публикацией, отражающей явное понимание ограниченности стандартной научной методологии применительно к космологии и квантовой гравитации, но при этом настаивающей на необходимости оставаться в рамках традиционной методологии, является недавно вышедшая в 2009 г. в электронном журнале «Physicsworld» статья известного специалиста в области космологии, квантовой гравитации и теории струн Ли Смолина [5]. Статья называется «The unique universe» – «Единственная Вселенная».

Статья довольно многоплановая, не совсем проста для понимания, и я не берусь представить здесь все многообразие ее аргументации. Скорее, постараюсь дать свое понимание тех ее аспектов, которые относятся к обсуждавшимся выше вопросам.

Ли Смолин исходит из «жесткого принципа наблюдаемости» в том смысле, что в физике вовсе нельзя обсуждать объекты, которые операционально не определены или ненаблюдаемы. Лейтмотивом статьи является мысль, что представления о Мультиверсе и о квантовом состоянии нашей собственной Вселенной физически бессмысленны. Первое бессмысленно по

причине ненаблюдаемости Мультиверса, второе – по причине операциональной нереализуемости понятия квантовой вероятности в приложении к единственному экземпляру один раз эволюционирующей Вселенной, который только и доступен нашему наблюдению. Как мы видели, эти утверждения абсолютно верны в рамках традиционной методологии физики, основанной на принципах наблюдаемости и воспроизводимости. Собственно, мы и начали анализ с этих положений, так что здесь нечего возразить. Ли Смолин идет дальше и, сознательно и жестко придерживаясь стандартной методологии, доводит анализ до логического завершения.

В качестве одного из основных принципов космологии он предлагает следующее утверждение: «Существует только одна Вселенная. Не существует других вселенных, и не существует также ничего, что могло бы быть изоморфно им». Это очень жесткое утверждение является вполне логичным и даже красивым следствием принципа наблюдаемости по той простой причине, что ни другие вселенные, ни объекты, изоморфные другим вселенным или Мультиверсу, не могут иметь атрибута существования в рамках точного принципа наблюдаемости. Все что наблюдаемо по определению входит в нашу вселенную, что не наблюдаемо – просто не существует.

Хотелось бы отметить, что последствия столь жесткой декларации более чем значимы (сам Ли Смолин по этому поводу ничего не пишет). Поскольку инфляционная космология определенно содержит в себе объекты, изоморфные другим вселенным, а именно – всю концепцию Мультиверса, то она не имеет права на существование, то есть не может рассматриваться как жизнеспособная теория. Вместе с ней исчезают предложенные ею решения загадок фридмановской космологии (плоскостность, проблема горизонта и др.), предсказание анизотропии микроволнового фона и возмущений материи, из которых сформировались протогалактики, а также вся богатая идеями наука, которую породила концепция инфляции. Подчеркнем, что это выглядит совершенно логичным, и, принимая точный принцип наблюдаемости, против этого нельзя возразить ни единого слова. Только вот вряд ли такой подход можно назвать продуктивным.

По моему глубокому убеждению, основным назначением науки является понимание природы – по крайней мере именно этот мотив движет исследователем. Наука, конечно, имеет и прикладное значение, и, чисто логически, может рассматриваться как способ предсказывать поведение систем по начальным данным, но не это главное, а главное – понимание. Трудно возражать против того, что инфляционная космология дала колоссальный объем и глубину нового понимания природы, и вот теперь все это понимание вполне законно нужно объявить неприемлемым. С логической точки зрения, такое положение дел совершенно нормально в рамках традиционной методологии, но психологически его принять трудно. И дело здесь, видимо, в том, что надо просто признать, что инфляционная космология оказалась за

рамками традиционной методологии. Методология должна быть другой, а не инфляционная космология.

Ли Смолин идет еще дальше. Он справедливо отмечает следующие два обстоятельства. Во-первых, начальные условия Вселенной, которые привели в Большому Взрыву, принципиально неполностью доступны нашему наблюдению (в частности, из-за горизонта событий), и, кроме того, мы не имеем возможности исследовать различные начальные условия, так как имеем одну-единственную эволюцию Вселенной. Следовательно, представление о начальных условиях для различных космологических моделей лишено смысла. Во-вторых, по причине принципиальной единственности доступного нам примера эволюции Вселенной лишено операционального смысла понятие конфигурационного пространства Вселенной – то есть множества всех возможных ее состояний. Отсюда Смолин делает вывод, что обычная схема физической теории (которую он называет Ньютоновской), когда задается начальное состояние системы и вычисляется траектория системы в конфигурационном пространстве, для космологии не имеет смысла (поскольку не имеет смысла ни один из ее ингредиентов). Иначе говоря, не имеет смысла представлять себе динамику Вселенной как динамику системы, которая потенциально может начинаться с различных начальных состояний и давать различную эволюцию в конфигурационном пространстве. Следовательно, и космологические решения уравнений Эйнштейна не имеют смысла. Каков же тогда законный взгляд на эволюцию Вселенной? Фундаментальные законы физики вместе с начальным состоянием Вселенной должны составлять единое целое, или, по-другому, начальное состояние имеет тот же статус, что и фундаментальные законы, оно столь же фундаментально. Разделять научное описание Вселенной на начальное состояние и эволюцию в конфигурационном пространстве неверно. Начальное состояние и эволюция должны представляться как единый теоретический объект вместе со всей другой фундаментальной физикой. Это порождает новую ситуацию, когда не только ответы инфляционной космологии на вопросы о причине возникновения весьма специального начального состояния нашей Вселенной (плоскостность, возмущения плотности...) нельзя считать адекватными по причине неадекватности самой инфляционной космологии, но и сам вопрос о том, почему мы имеем такое начальное состояние, лишен смысла. Нам просто запрещено спрашивать, почему начальное состояние такое, какое оно есть, так как это фундаментальный и несводимый ни к чему факт. И опять надо отметить, что в традиционной методологии наблюдаемости и воспроизводимости эти выводы вполне логичны. Такой финал трудно считать чем-то, кроме приведения к абсурду (что доказывало бы абсурдность посылок). Однако подчеркну, это лишь мое мнение, и с ним можно не согласиться. Свобода метафизического выбора неустранимо остается.

Однако мы уже имеем много убедительных ответов на разные «почему?» относительно структуры начального состояния Вселенной. Чисто ло-

гически, в традиционной методологии физики надо признать, что все эти ответы лишены смысла, так как бессмыслен сам вопрос (не говоря уже о способе ответа на него с использованием инфляционной космологии). Представляется, что это не особенно продуктивная позиция и выход состоит в том, чтобы сознательно отойти от традиционной методологии. Надо отметить, что сам Ли Смолин не приводит конкретных указаний, как конкретно должна строиться космология в такой жесткой классической методологии. Ссылок на конкретные модели нет.

С вопросом о единственности Вселенной и отсутствием у нее квантового состояния Ли Смолин связывает вопрос о фундаментальности понятия времени. Рассматриваемые им связи довольно многочисленны, и я их не буду анализировать детально, но суть аргументации сводится к следующему.

В современной физике есть по крайней мере два источника, из которых произрастает идея, что время не является фундаментальным понятием, но возникает лишь некоторым эффективным образом в нашем макроскопическом восприятии мира. Одним источником этой идеи стали уже самые ранние модели квантовой космологии и гравитации (см., напр.: [DeWitt, 1967]). Современные модели сохраняют это свойство. Квантово-космологические модели определяют волновую функцию вселенной, которая не содержит времени – она вневременная. Соответствующее уравнение (уравнение Уилера – де Витта) тоже не содержит времени и определяет некоторый статический объект – вневременную Вселенную. Общая причина этого проста. Она состоит в том, что эволюцию Вселенной нельзя параметризовать каким-то внешним по отношению к Вселенной временем, так как время измеряется часами, а вне Вселенной нельзя поместить часы. Все, что существует, по определению находится внутри Вселенной и не может находиться вне ее. Фактически наблюдаемая внутри такой Вселенной эволюция является эффективным понятием для наблюдателей, находящихся внутри Вселенной, и представляется в терминах корреляции некоторых наблюдаемых величин. Если одну из таких величин назвать часами, то возникает эффективная эволюция подсистем Вселенной, в которой время можно рассматривать как параметр.

Вторым источником идеи эмерджентности времени является понятие Мультиверса инфляционной космологии. Здесь нет никакого единого времени, в котором существует весь этот объект. Эффективное время возникает только внутри локальных вселенных (да и то со множеством оговорок). Мультиверс в целом должен описываться некоторой вневременной физикой, которая описывает вероятности (в некотором операционально неопределимом смысле!) возникновения разных типов вселенных.

Как мы видели, в подходе Ли Смолина (точнее, в строгой традиционной методологии, которой он совершенно точно придерживается) как Мультиверс, так и квантовые состояния Вселенной вместе с квантовой космологией оказываются лишенными смысла. Поэтому оба источника идеи о нефундаментальности понятия времени оказываются недействительными. Поэтому Смолин счи-

тает, что нужно строить физику, в том числе и квантовую гравитацию, с использованием моделей, в которых времени возвращается его фундаментальная роль. Он приводит три примера квантово-гравитационных моделей, которые обладают этим свойством: причинная динамическая триангуляция, квантовое граффити, унимодулярная гравитация (см. ссылки в [6]).

Надо согласиться, что логика Ли Смолина вполне понятна. Хотелось бы, однако, уточнить, что из нее действительно следует, что имеет смысл искать модели квантовой гравитации, где время играет фундаментальную роль, но не следует, что более общие модели, где время возникает только эффективно, недопустимы. Поэтому в данном случае его выводы никак не ограничивают свободу в выборе направления исследований.

В статье обсуждается еще несколько интересных мыслей. В частности, раз время играет фундаментальную роль, то Ли Смолин предлагает серьезно рассмотреть возможность того, что фундаментальные законы явно зависят от фундаментального времени. Эта идея вызывает возражение. Дело в том, что даже если Вселенная строго единственна, в ней нет никакого единого фундаментального времени, от которого могли бы зависеть фундаментальные законы. ОТО, управляющая динамикой Вселенной, допускает хорошо определенное понятие собственного времени для каждого отдельного наблюдателя, и это время действительно может быть в каком-то смысле фундаментальным, но единое универсальное время для общерелятивистской системы, вообще говоря, не определено.

Действительно, если говорить о нашей Вселенной, то, например, время вблизи поверхности нейтронной звезды и в межгалактическом пространстве течет совершенно по-разному, хотя Вселенная для них – одна. Можно привести и другие примеры (см., напр.: [4]). Космологическое время можно ввести лишь в некотором приближении благодаря тому, что Вселенная является приближенно однородной и изотропной. Его можно связать, например, с масштабным фактором или с температурой реликтового излучения, которая в однородных и изотропных моделях однозначно связана с масштабным фактором.

Именно использование температуры реликтового излучения в качестве космологических часов позволяет легко убедиться, что точного космологического времени не существует. Проблема состоит в анизотропии реликтового излучения. В каждой точке пространства нет какой-то одной единой температуры, но она зависит от того, в каком направлении вы посмотрите. Относительная величина этой анизотропии составляет несколько сотысячных – это и есть степень приближенности понятия единого космологического времени. Это приближение является довольно грубым, и отклонения легко измеримы. Такое время не может быть параметром для фундаментальных законов, так как само не фундаментально.

То, что Ли Смолин понимает под фундаментальным временем, космологическим временем не является. И здесь, пожалуй, Ли Смолин начинает противоречить сам себе. Он, с одной стороны, настаивает на строгой наблю-

даемости всего, с чем имеет дело физика, с другой – настаивает на существовании фундаментального времени, которое в высшей степени абстрактно и спекулятивно, и, во всяком случае, не имеет операционального смысла, так как не измеряется часами. В соответствии со своими собственными установками Ли Смолин не имеет права обсуждать такой объект.

Очень интересно и остроумно в статье Ли Смолина рассмотрена физическая природа математики. Ли Смолин природу математики тоже связывает с существованием фундаментального времени. Этот вопрос, однако, прямо не связан с темой настоящей статьи, и мы отсылаем заинтересованного читателя к оригиналу [6].

Подводя итоги обсуждения, еще раз отметим, что методы, используемые в современной космологии и квантовой гравитации, де факто уже вышли за пределы стандартной научной методологии физики, основанной на принципах наблюдаемости и воспроизводимости эксперимента. В этой статье мы попытались лишь явным образом зафиксировать этот выход. Новая методология означает ослабление (или размывание) эмпирической базы новых направлений физики по сравнению с ее традиционными разделами, и это есть та цена, которую приходится платить за возможность более глубокого понимания природы. Однако следует подчеркнуть, что ослабление эмпирической базы не означает ее отсутствие. Так, например, важным эмпирическим критерием, позволяющим в принципе разделять разные квантовые теории гравитации друг от друга, является проверка Лоренц-инвариантности [5]. Однако в новых условиях заметно возрастает роль таких внеэмпирических критериев истинности, как самосогласованность и красота теории.

Статья Ли Смолина [6] представляет собой чрезвычайно яркий примером того, что получается, если и в космологии стараться строго придерживаться традиционной методологии. По нашему мнению, такой путь, хотя и логически допустим, непродуктивен. Более продуктивным путем станет расширение традиционной методологии с фиксацией соответствующих обобщенных методологических принципов, что мы и попытались отразить в данной работе.

В заключение заметим, что представления, содержащиеся в настоящей статье, требуют дальнейшего уточнения и развития. В частности, смысл ряда введенных понятий мы смогли пояснить лишь на конкретных примерах их использования, и более точные и общие определения ждут своей формулировки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *DeWitt B.S.* Quantum theory of gravity. I. The canonical theory // *Phys. Rev.* – V. 160. – 1967. – № 5. – P. 1113–1148.
2. *Linde A.* Inflationary Cosmology (arXiv:0705.0164v2/2007). URL: <http://arxiv.org/abs/0705.0164>.
3. *Mukhanov V.* CMB-slow, or How to Estimate Cosmological Parameters by Hand // *Int. J. Theor. Phys.* – V. 43 (arXiv:astro-ph/0303072v1). – 2004. – P. 623–668.

4. *Rovelli C.* Forget time (arXiv:0903.3832v3 [gr-qc]). – 2009.
5. *Smolin L.* How far are we from the quantum theory of gravity? (arXiv:hep-th/0303185v2). – 2003.
6. *Smolin L.* The unique universe. 2009. URL: <http://physicsworld.com/cws/article/indepth/39306>; <http://physicsworld.com/cws/article/indepth/3906>.
7. *Somerville R.S., Lee K., Ferguson H.C., Gardner J.P., Moustakas L., Giavalisco A.* Cosmic Variance in the Great Observatories Origins Deep Survey // *The Astrophysical Journal*, 600: L171–L174. – М., 2004.
8. *Долгов А.Д., Зельдович Я.Б., Сажин М.В.* Космология ранней Вселенной. – М.: Изд-во МГУ, 1988.
9. *Горбунов Д.С., Рубаков В.А.* Введение в теорию ранней Вселенной: Космологические возмущения. Инфляционная теория. – М.: КРАСАНД (URSS), 2010.
10. *Имшенник В.С., Надеждин Д.К.* Сверхновая 1987А в Большом Магеллановом Облаке: наблюдения и теория. УФН. – 1988. – Т. 156. – Вып. 4. – С. 561–651.
11. *Лукаш В.Н., Михеева Е.В.* Физическая космология. – М.: ФИЗМАИЛИТ, 2010.
12. *Менский М.Б.* Человек и квантовый мир. Странности квантового мира и тайна сознания. – Фрязино: Век 2, 2007.
13. *Моррисон Д.Р.О.* Сверхновая 1987А: обзор // УФН. – 1988. – Т. 156. – Вып. 4. – С. 719–752.
14. *Пенроуз Р.* Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики. – М.: Едиториал УРСС, 2003.
15. *Новиков И.Д., Кардашев Н.С., Шацкий А.А.* Многокомпонентная Вселенная и астрофизика кротовых нор // УФН. – 2007. – Т. 177. – № 9. – С. 1017–1023.
16. *Шацкий А.А., Новиков И.Д., Кардашев Н.С.* Динамическая модель кротовой норы и модель Мультивселенной // УФН. – 2008. – Т. 178. – № 5. – С. 481–488.

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ НЕ ОПИСЫВАЕТ ФИЗИЧЕСКУЮ РЕАЛЬНОСТЬ

Д.Е. Бурланков

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Современной теорией пространства и времени считается общая теория относительности (ОТО). Однако последние лет 40 эта теория находится в состоянии явного застоя. Прежде всего, нет сколь-нибудь серьезного продвижения в соединении ее с квантовой теорией.

На грани XX–XXI вв. *самые значимые проблемы* затормозились на общей теории относительности. Назовем всего две: начала квантовой теории гравитации и проблема «темной энергии». Муссируется идея, что ОТО настолько глубокая теория, что она далеко оторвалась, например, от квантовой теории, в которой необходимы какие-то новые радикальные идеи, чтобы она могла *догнать* ОТО и соединиться с ней. Однако за 80 лет попыток отыскать такие идеи практических результатов нет и проблема квантовой теории гравитации даже не сформулирована.

Основной особенностью ОТО является кривизна пространства-времени, проявляющаяся на больших масштабах, поэтому главной областью приложения ОТО является космология. Однако и здесь применение ОТО привело к необходимости введения мистической «темной энергии», а в описании динамики галактических объектов ОТО практически не применяется.

Общая теория относительности не стала, как динамика Ньютона, или электродинамика Максвелла, или специальная теория относительности (СТО), рабочим инструментом для физиков какого-либо направления.

Все это есть следствие того, что ОТО, объявленная *самой совершенной теорией*, так и не подверглась серьезному анализу в своих основах. Некоторые блестящие ее достижения декларируются как доказательство ее абсолютной правильности. Для понимания причин такой ситуации необходим анализ принципов и фундаментальных положений ОТО.

Общая теория относительности (ОТО) базируется на двух принципах:

1) принцип эквивалентности, приведший к геометрической трактовке эффектов тяготения и положивший начало многим принципиально новым идеям, таким как представление о *расширяющейся Вселенной*;

2) принцип общей ковариантности, исключивший из физики объективное понятие *время*.

В учебниках и монографиях по ОТО утверждается, что классическая физика является пределом ОТО при слабых гравитационных полях. При

этом происходит ссылка на эффекты вращения перигелия Меркурия, отклонения светового луча Солнцем и др., в которые входит малый гравитационный параметр, при стремлении которого к нулю все отклонения от описания соответствующих явлений в классической физике исчезают. Однако достаточно ли этих эффектов для утверждения о том, что классическая физика является пределом ОТО?

Две стороны теории поля. Каждое физическое поле (электромагнитное, гравитационное) имеет две основные физические стороны: внешнюю и внутреннюю. Внешняя определяет, как это поле воздействует на другие физические объекты – другие поля, частицы (объект воздействия), внутренняя – каким уравнениям подчиняется само поле, как на него влияют источники, сами объекты воздействия.

С лагранжевой точки зрения, внешняя сторона определяет, как потенциалы изучаемого поля модифицируют лагранжиан объектов воздействия. Внутренняя сторона определяет чистый лагранжиан самого изучаемого поля.

Электрическое поле приводит в движение заряженные частички, а магнитное поле отклоняет потоки заряженных частиц и проводники с токами, – оба этих закона объединены в выражении силы Лоренца. Однако эти явления еще не дают возможности определить уравнения поля, на основании которых находятся электромагнитные напряженности. Это могут быть как линейные уравнения Максвелла, так и нелинейные уравнения Борна–Инфельда. Экспериментальное измерение силы Лоренца в электрическом и магнитном полях не дает ответа, подчиняются ли эти поля электродинамике Максвелла или Борна–Инфельда.

Главный физический тезис общей теории относительности Эйнштейна – гравитация – определяется метрикой искривленного пространства-времени. Свободные частицы движутся по геодезическим линиям. В электродинамике (и теориях других полей) частные производные заменяются на ковариантные, определяемые метрикой. Частицы и поля обладают локальной лоренц-инвариантностью. При этом уравнения, определяющие конфигурацию поля, далеко неоднозначны. Вспомним, что первый существенный результат ОТО (вращение перигелия Меркурия) был получен Эйнштейном из считающихся математически неверными и не обладающими общей ковариантностью уравнений [1].

Точно так же и расчет отклонения света в первоначальных и окончательных уравнениях Эйнштейна одинаков. Обе эти системы уравнений имеют решение Шварцшильда как вакуумное решение в сферически симметричном случае, поэтому большинство так называемых *проверок ОТО* (проверяющих на самом деле движение тел и распространение света в метрике Шварцшильда, даже ее линеаризации на фоне метрики Минковского) можно считать проверкой не только окончательных, но и первоначальных, считающихся неверными, уравнений Эйнштейна.

В любом случае эти наблюдения проверяют лишь *принцип эквивалентности*.

Принцип эквивалентности. Принцип эквивалентности подробно исследован Эйнштейном в его работе 1911 г. [2], в которой он продемонстрировал, что инерциальная система реализуется в свободно падающей лаборатории. Хотя Эйнштейн пытался формулировать этот принцип как некоторую эквивалентность гравитации и ускорения, современное его понимание представляется определением инерциальной системы (в общем случае – бесконечно малой) как свободно движущейся в гравитационном поле (падающий лифт, космическая станция).

Этот принцип приводит к идее искривленного пространства-времени. К этой идее в описании динамики частиц и распространения света Эйнштейна и Гроссмана [3] привела работа Макса Планка 1906 г. [4], в которой динамические соотношения специальной теории относительности выводились из принципа наименьшего действия с метрикой, которая позднее получила название «метрика Минковского».

В докладе 1913 г. этот принцип описывается так: «...все тела в поле тяжести падают с одинаковым ускорением. Тем самым подсказывается представление о том, что в отношении действия на механические и другие физические явления поле тяжести можно заменить ускоренным состоянием системы отсчета (системы координат)... Гипотеза эквивалентности позволяет предсказать влияние гравитационного поля на произвольные физические процессы» [5].

Таким образом, принцип эквивалентности, идея об искривленном пространстве-времени определяют «внешнюю сторону» гравитационного поля.

Принцип общей ковариантности. Принцип эквивалентности в виде описания движения материальной точки и распространения полей в пространстве-времени с заданной метрикой приводит к общековариантному виду уравнений динамики: при произвольном преобразовании координат и времени эти уравнения не меняют своего общего вида. В основополагающей работе Эйнштейна и Гроссмана мы читаем: «Поэтому все же естественно предположить, что все физические уравнения, за исключением гравитационного поля, следует сформулировать так, чтобы они были ковариантны относительно произвольных преобразований» [3].

Должны ли быть общековариантными уравнения, определяющие метрику? У Эйнштейна в этом уверенности нет [3].

Необходимо, впрочем, подчеркнуть, что у нас нет никаких оснований для общей ковариантности уравнений гравитации.

К общековариантности уравнений гравитации нет никаких физических оснований, хотя, если бы такие уравнения были бы найдены, это сделало бы теорию очень изящной. И Эйнштейн посвящает много сил исследованию этого вопроса. Например, в работе [6] он пишет: «...представляется необходимым, чтобы дифференциальные уравнения для $g_{\mu\nu}$ были также общековариантными. Однако мы покажем, что это требование необходимо несколько ограничить, если хотим удовлетворить причинности. А именно докажем, что

законы, определяющие течение событий в гравитационном поле, не могут быть общековариантными».

В пользу общей ковариантности искомым уравнениям Эйнштейн не приводит никаких физических доводов, только «представляется необходимым». Более того, отсутствие общей ковариантности он считает не только вполне допустимым, но и пытается его обосновать.

Однако в конце 1915 г. Эйнштейн общековариантные уравнения находит – это знаменитые уравнения Эйнштейна – 10 уравнений, из которых находится метрический тензор, определяющий геометрию пространства-времени.

Но именно общая ковариантность вызывает возражение многих исследователей. Так, отвечая в 1916 г. на возражения Ф. Коттлера, Эйнштейн пишет [7]: «Правда, общую ковариантность уравнений приходится покупать дорогой ценой, отказываясь от обычного измерения времени и евклидовой меры пространства. Коттлер считает, что можно обойтись без таких жертв».

Действительно, время, в котором развивается весь наш мир, затерялось во множестве преобразований четырехмерных координат. К чему же это приводит?

Die Grundlagen der Physik. Статья с таким названием («Основания физики») [8] была доложена Д. Гильбертом 20 ноября 1915 г. В этой статье содержатся теоремы, определяющие общую теорию относительности как исключительно изящную, математически непротиворечивую теорию, но также и теорема, определяющая несовместность ОТО с классической физикой, и теорема, указывающая путь выхода из этой несовместности путем отказа от общей ковариантности (общей относительности).

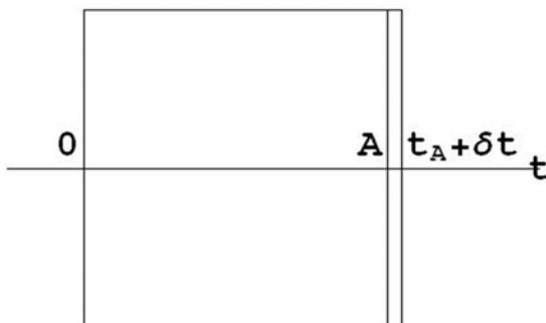
Гильберт выводит совместные уравнения поля из вариационного принципа с действием, являющимся суммой гравитационного действия S_g , определяемого только метрическим тензором, и действием прочей материи S_m (например, электромагнитного поля), которое зависит от переменных этих полей и их производных, но также для того, чтобы быть скаляром – не зависеть от выбора координатной системы, – должен зависеть от метрического тензора: $S = S_g + S_m$.

Вариационные производные действия по полевым переменным равны нулю – это условие определяет полевые уравнения (в электродинамике – уравнения Максвелла).

Требование обращения в нуль вариаций действия по десяти компонентам метрического тензора приводит к десяти уравнениям Эйнштейна. Этот вывод гарантирует совместность уравнений Эйнштейна.

Общая ковариантность и нулевая энергия. Однако этот вывод уравнений Эйнштейна показывает и серьезный дефект общековариантной ОТО как *физической теории*. В вариационном исчислении показывается, что при изменении области интегрирования по времени на бесконечно малую величину δt приращение действия определяется гамильтонианом H , зависимость

которого от динамических переменных определяет динамику системы, а численное значение – ее энергию: $\delta S = -H \delta t$.



Для простоты рассмотрим статическую систему в некоторой неизменной области пространства на отрезке времени от момента 0 до момента A , имеющего в выбранном масштабе значение времени t_A . Гамильтониан определяет изменение действия на бесконечно малом участке от момента времени t_A до $t_A + \delta t$.

Однако формально можно увеличить время на (бесконечно малую) величину δt , не меняя области четырехмерного интегрирования, лишь проведя изменение масштаба времени с бесконечно малым параметром α : $t' = t(1 + \alpha)$. Тогда время момента A станет равным $t_A + \alpha t_A$, то есть $\delta t = \alpha t_A$. При этом так как четырехмерная область не изменилась, действие тоже не изменилось, то есть $\delta S = 0$. Но зато при изменении масштаба времени изменилась компонента метрического тензора g^{00} , как раз и определяющая масштаб времени, поэтому нулевое изменение действия всегда складывается из двух частей: изменения за счет изменения g^{00} (назовем ее δS_{00}) и за счет формального изменения конечного момента времени на $\delta t = \alpha t_A$: $\delta S = \delta S_{00} - H \delta t = 0$.

Но равенство нулю вариации δS_{00} является одним из уравнений Эйнштейна («десятым»), поэтому **в общей теории относительности при любом выборе переменной времени плотность гамильтониана, а следовательно, и сам гамильтониан любой системы равны 0.**

При масштабном преобразовании времени могут изменяться и некоторые компоненты полей (например, скалярный потенциал электромагнитного поля). Но так как вариации действия по всем компонентам этих полей равны нулю (равенство нулю этих вариаций и определяет уравнения полей), эти изменения не дают вклада в изменение действия. Это положение не дает возможности представить классическую физику как какой-то предел ОТО: классическая физика не обладает общей ковариантностью: время в любой физической системе отделено от пространства и различные состояния систем в ней обладают различной энергией, так что, например, для перехода в какое-то состояние из состояния с меньшей энергией нужно совершить работу.

Так как функционал действия состоит из двух частей – метрической S_g и прочих полей S_m , то и энергия складывается из двух составляющих: метрической (гравитационной) H_g и энергии прочей материи H_m . Уравнения общей теории относительности, в которых обращаются в нуль вариации по всем компонентам метрического тензора, в том числе и по g^{00} , требуют, чтобы суммарная плотность энергии равнялась 0.

Этот факт давно известен в теоретической физике и теории гравитации, например, описан в монографии Мизнера, Торна и Уилера [9, т. 2, с. 129,

формула (21.12)]. Однако он рассматривается как изящное украшение ОТО, а за красотой противоречие с классической физикой не замечалось.

Общая теория относительности, как математическая непротиворечивая теория, достоверно описывающая гравитацию искривлением пространства-времени, в ее современном виде не может описывать физическую реальность.

Глобальное время. Не только Коттлер, но и многие крупные физики следующего поколения (например, Дирак, Меллер – см., напр., [10]) полагали четырехмерное описание удобным, оставляя физическую суть динамике во времени в трехмерном пространстве.

Мы увидели, что физическая теория пространства-времени не может быть общековариантной. Компонента g^{00} не может варьироваться, следовательно, соответствующая ей переменная x^0 определяет **глобальное время**, а следовательно, и пространство оказывается глобальным. Насколько глубоко затрагивает отказ от общей ковариантности общую теорию относительности? Отмечает ли этот отказ столетний опыт работы в ней?

Можно вспомнить размышление Эйнштейна 1914 г. [6]: «Весьма возможно себе представить, что для достаточно большей части мира в целом нет такой оси координат, которую можно было бы обозначить как “ось времени”; наоборот, линейные элементы некоторой оси являются частично времени-подобными, частично пространственно-подобными. Эквивалентность четырех измерений мира была бы не только формальная, но и общая. Этот важный вопрос пока что должен остаться открытым».

Однако сам Эйнштейн в работе 1911 г. нащупал путь к нахождению такой оси, предположив, что в свободно падающем лифте реализуется инерциальная система. Динамика такого лифта в произвольном гравитационном поле может быть описана уравнением Гамильтона–Якоби, которое, однако, описывает движение не одного лифта, а множества (бесконечно малых) лифтов с синхронизированным временем, переход к которому и приводит компоненту g^{00} к 1. Время во всех этих лифтах, разнесенных в пространстве, едино для них, то есть является **глобальным временем**. Характерное условие в глобальном времени – $g^{00} = 1$. Именно постоянство этой компоненты выступает запретом на ее вариацию, что приводит, как было показано выше, к закону сохранения энергии.

Метрики Шварцшильда и Пэнлеве. Первое точное решение уравнений Эйнштейна – для статического пространства вне сферического массивного тела – было получено в 1915 г. К. Шварцшильдом. Шварцшильд нашел решение, представляя метрику в самом простом виде – как диагональную матрицу. Специфическая характеристика этого решения – **гравитационный радиус** – константа размерности длины и пропорциональная массе тяготеющего тела. В решении Шварцшильда при радиусе, меньшем гравитационного, переменная времени становится пространственно-подобной и, наоборот, радиальная переменная становится времени-подобной. Объекты, у которых внешний радиус не больше гравитационного, получили название **черные дыры**.

Первой задачей нашего анализа является приведение решения Шварцшильда к глобальному времени (которое всегда времени-подобно), используя описанную выше методику свободно падающих лабораторий.

Однако выясняется, что искомое решение было получено еще 90 лет назад. Отказавшись от условия ортогональности метрики, в 1921 г. Поль Пэнлеве в докладе Парижской Академии наук «В каком пространстве мы живем?» [11] показал, что существует бесконечно много статических сферически симметричных решений уравнений Эйнштейна с заданной массой, получающихся преобразованием в метрике Шварцшильда временной переменной $dt' = dt + w(r) dr$ с произвольной функцией радиуса $w(r)$.

Внимание Пэнлеве привлекла метрика (далее мы будем называть ее *метрикой Пэнлеве*), для которой пространственное сечение $t = \text{const}$ является трехмерным евклидовым пространством, в то время как в решении Шварцшильда пространство (сечение $t = \text{const}$) не только сильно искривлено, но под *гравитационным радиусом* r_g вообще теряет свою локально евклидову структуру.

В метрике Пэнлеве компонента обратного метрического тензора g^{00} равна 1. Пэнлеве привел метрику Шварцшильда к евклидову пространственному сечению и одновременно – к глобальному времени.

Метрика Шварцшильда связана с метрикой Пэнлеве преобразованием времени, которое под гравитационным радиусом ($r < r_g$) оказывается комплексным. Именно с этим связана сложная структура пространства-времени под гравитационным радиусом, описываемая диаграммами Крускала и другими специфическими координатами при анализе шварцшильдовой особенности (см. [9]), в то время как в метрике Пэнлеве пространственное сечение и под гравитационным радиусом евклидово.

Комплексная связь переменных времени в метриках Пэнлеве и Шварцшильда (под гравитационным радиусом) приводит к принципиальной проблеме: в целом эти две метрики не эквивалентны, хотя формально и связаны только координатным преобразованием (преобразованием времени). Допустимость произвольного преобразования времени в ОТО натывается на нефизические комплексные преобразования.

Теория Калуцы и глобальное время. Энтузиазм, вызванный общей теорией относительности, которая дала геометрическую интерпретацию поля тяготения, стимулировал попытки описать на геометрической основе и электромагнитное поле. Большую популярность обрела пятимерная теория Калуцы, в которой к четырем пространственно-временным координатам добавлялась некоторая абстрактная пятая x^5 (см., напр., [12]).

Теория Калуцы не обладает общей ковариантностью в пятимерном смысле: пятая координата существенно выделена. Метрический тензор обладает 15 компонентами, однако, наложив условие $g^{55} = 1$, оставшиеся 14 компонент можно представить как 10-компонентный метрический тензор четырехмерного пространства и 4-компонентное векторное поле, играющее

в теории Калуцы роль электромагнитного. Частицы, двигающиеся по геодезическим в пятимерном пространстве, со стороны компонент векторного поля испытывают ускорение, по виду совпадающее с ускорением от силы Лоренца, однако с досадным затруднением: *отношение заряда к массе у всех частиц должно быть одинаковым.*

Проведем следующую модификацию теории:

1. В теории Калуцы пятая координата пространственно-подобна, а мы выберем ее времени-подобной и ее номер сменим с 5 на 0, так что ограничение на метрику будет выглядеть так: $g^{00} = 1$.

2. Из оставшихся четырех координат уберем одну, оставив три пространственно-подобных. Число свободных компонент метрического тензора уменьшится до девяти ($14 - 5 = 9$) и их можно представить как 6 компонент метрического тензора трех пространственно-подобных координат и 3 компоненты векторного поля (**поля скоростей**).

3. Разрешим всем компонентам зависеть от нулевой (бывшей 5-й) координаты.

4. Назовем нулевую (бывшую пятую) координату *глобальным временем*.

Такое поле, для которого заряд частиц равен их массам, есть – это *гравитационное поле*. Именно таким образом модифицированная теория Калуцы в пространстве, оказавшемся четырехмерным, описывает *динамику трехмерного пространства в глобальном времени* и представляет теорию гравитации. Она, как и исходная пятимерная теория, не общековариантна.

Она оказывается динамической теорией Арновитта, Дезера и Мизнера [13] с дополнительно наложенным условием $g^{00} = 1$ и запретом вариации этой компоненты.

Динамическими переменными в этой теории являются шесть компонент трехмерного метрического тензора, вариация по которым действия Гильберта определяет шесть динамических уравнений. Вариация по трем компонентам векторного поля приводит к трем уравнениям на поле скоростей.

Снятие вариации по компоненте g^{00} определяет ненулевой гамильтониан, ненулевую энергию.

Динамика Мира без общей ковариантности. Образцом использования глобального времени является космология. Основные космологические модели – модель пространства Фридмана, в виде трехмерной сферы с радиусом, меняющимся во времени, и наиболее популярная модель Эйнштейна – де Ситтера – имеют компоненту $g^{00} = 1$, то есть время в них – глобальное. От глобального времени зависит радиус или масштаб пространства, четко отделенного от времени. Материя относительно пространства неподвижна, что выражается в диагональном виде ее тензора энергии-импульса.

В метрике Эйнштейна – де Ситтера пространство плоское, но масштаб расстояний в пространстве меняется с течением времени. Зависимость масштаба от времени $m(t)$ является единственной функцией, которая должна определяться из уравнений Эйнштейна. Вследствие высокой симметрии из

десяти уравнений Эйнштейна нетривиальными остаются два. Вариация зависимости радиуса от времени приводит к динамическому дифференциальному уравнению второго порядка, первый интеграл которого содержит константу интегрирования – энергию, определяемую из начальных условий, в данной задаче – масштаба в данный момент времени и скорости его изменения, определяющей постоянную Хаббла, а также средней плотностью космического вещества в данный момент времени.

Так как искомая функция одна, это уравнение обеспечивает описание динамики масштаба Мира, в согласии с наблюдаемыми данными (постоянная Хаббла и средняя плотность).

Однако обращение в нуль вариации по g^{00} приводит ко второму – основному уравнению Фридмана («десятому уравнению Эйнштейна»), требующему, чтобы эта константа интегрирования (энергия) равнялась нулю, что приводит к рассогласованию динамического уравнения с наблюдаемыми данными в 25 раз.

И здесь вариация по масштабу времени приводит к резкому расхождению с наблюдениями, то есть этот факт является *экспериментальным опровержением принципа общей ковариантности*. Без вариации g^{00} задача оказывается вполне динамически определенной.

В общековариантной ОТО выход был найден только через название дисбаланса этого уравнения «*темной энергией*». Лишь без общей ковариантности космологические решения перестают противоречить наблюдениям.

Гравитационные волны. Одним из важнейших достижений общей теории относительности считается предсказание гравитационных волн, выполненное в исключительно богатой работе Эйнштейна 1918 г. [14]. В этой статье рассмотрена динамика малых отклонений метрики от пространства Минковского в первом порядке малости. В работе выведена формула потери энергии механической системой (например, двойными звездами) за счет излучения гравитационных волн.

Однако общие принципы ОТО такое излучение прямо запрещают: и в начале процесса излучения, и спустя некоторое время излучающая система имеет нулевую энергию, да и энергия уносимых волн тоже равна нулю.

Действительно, гравитационные волны Эйнштейна являются линеаризацией найденных позднее точных решений Бонди–Пирани–Робинсона (см., напр., [12]), которые имеют нулевую плотность энергии и нулевой поток энергии.

Является ли, таким образом, работа Эйнштейна ошибочной? Уравнения распространения волн рассматриваются в линейном по амплитудам приближении, а плотность энергии квадратична, то есть в линейном приближении равна нулю. Поэтому найденные Эйнштейном гравитационные волны полностью удовлетворяют принципам ОТО.

Изучая же квадратичные по амплитудам конструкции (плотность, поток энергии), Эйнштейн вышел за рамки общековариантной ОТО, в которой все

эти величины обязаны быть равными нулю, де факто отказался от общей ковариантности.

Видимо, эту проблему в дальнейшем осознал и Эйнштейн (см., напр., [10]), о чем свидетельствует факт отрицания гравитационных волн его учеником Инфельдом: ученики редко идут против убеждений учителя.

Таким образом, косвенное обнаружение гравитационного излучения Тейлором и Халсом (Нобелевская премия 1993 г.) также является экспериментальным аргументом против общей ковариантности.

Квантовая теория гравитации. Исходным физическим уравнением квантовой теории любой системы – одной частицы, нескольких частиц, поля, системы полей – является *уравнение Шредингера*, определяющее изменение во времени вектора состояния системы, зависящего от динамических переменных этой системы.

В общей теории относительности гамильтониан равен нулю – и это определяет основной тупик сочетания ОТО с квантовой теорией. Отказ от общей ковариантности приводит к эффективному гамильтониану [16]. В частности, в этой монографии представлены квантовые космологические решения.

Заключение. Общая теория относительности не прошла полную начальную проверку на соответствие классической физике. Ее принцип общей ковариантности и следующее из него равенство нулю энергии не допускает стыковки ОТО с классической физикой, квантовой теорией.

Именно равенство нулю гамильтониана в ОТО приводит к невозможности согласовать ее с квантовой теорией, где гамильтониан является основным рабочим инструментом. Если смотреть на ОТО как на вариант *физической теории*, то этот факт также требует пересмотра ее основ (отказа от общей ковариантности). При *элитарном* подходе к теории нужно изощряться дальше, строя как-то квантовую теорию с нулевым гамильтонианом (например, *петлевою гравитацию*).

При отказе от общей ковариантности гамильтониан оказывается ненулевым и квантовая теория гравитации начинает делать первые шаги с ненулевым гамильтонианом Арновитта–Дезера–Мизнера (см. [9, т. 2]), равенства нулю которого требует «десятое» уравнение Эйнштейна.

В космологии исчезает проблема «темной энергии», так как эта проблема возникла из жесткой связи постоянной Хаббла, определяемой скоростью расширения Мира, с плотностью материи, что является прямым следствием требования нулевой плотности суммарной энергии (энергия пространства в этой модели отрицательна – см. [15]).

При восстановлении понятия *абсолютное время* восстанавливается и *абсолютное пространство*. Возникает (восстанавливается) понятие *абсолютного движения* – относительно пространства. При этом у каждого движущегося наблюдателя свое собственное («местное») время, связанное с глобальным временем преобразованиями Лоренца. Эти преобразования оп-

ределяют ход событий в окрестности движущегося наблюдателя. Его собственное время и ближайшая окрестность пространства образуют «относительное время» и «относительное пространство» в формулировке Ньютона, однако связь их с абсолютным временем и абсолютным пространством несколько сложнее, чем полагал Ньютон (не знавший преобразований Лоренца).

Мир, ставший в теории относительности набором движущихся наблюдателей, каждый со своим временем, восстанавливается независимым от наблюдателей (которые его могут лишь слегка деформировать) и развивающимся в целом в глобальном времени.

Динамика трехмерного риманова пространства в глобальном времени с ее космическими, космологическими и фундаментальными следствиями, построенная идущим от ОТО образом – приравниванием нулю вариаций действия Гильберта по девяти компонентам четырехмерного метрического тензора, при сохранении для десятой соотношения $g^{00} = 1$, описана в монографиях автора [15–17]. Однако соответствие такой теории наблюдениям еще требует тщательной проверки.

Более развернутый анализ общей теории относительности проведен в монографии [18]. В этой же монографии представлено точное решение для метрики массивного тела в расширяющемся Мире, показывающее, что по мере расширения гравитационные массы уменьшаются (и, наоборот, в обратном времени при приближении к моменту Большого взрыва интенсивно возрастают). Это решение может существенно изменить современную стандартную космологическую модель.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Einstein A.* // Sitz. preuss. Akad. Wiss. 47, 831, 1915; *Эйнштейн А.* Собр. науч. трудов. – Т. 1. – М.: Наука, 1966. – С. 439.
2. *Einstein A.* // Ann. Phys. (Leipzig) 35, 898, 1911; *Эйнштейн А.* Собр. науч. трудов. – Т. 1. – М.: Наука, 1965. – С. 165.
3. *Einstein A., Grossmann M.Z.* // Math. und Phys. 62, 225–261, 1913; *Эйнштейн А.* Собр. науч. трудов. – Т. 1. – М.: Наука, 1965. – С. 227–266.
4. *Plank M.* // Verh d. Deutsch. Phys. Cess. VIII, 36, 1906.
5. *Einstein A.* // Naturforsch. Gessellschaft, Zurich, Vierteljahrschr., 58, 284–290, 1913; *Эйнштейн А.* Собр. науч. трудов. – Т. 1. – М.: Наука, 1965. – С. 267–272.
6. *Einstein A.* // Sitz. preuss. Akad. Wiss. 2, 1030, 1914; *Эйнштейн А.* Собр. науч. трудов. – Т. 1. – М.: Наука, 1965. – С. 326.
7. *Einstein A.* // Ann. Phys. 51, 639–642, 1916; *Эйнштейн А.* Собр. науч. трудов. – Т. 1. – М.: Наука, 1965. – С. 326.
8. *Hilbert D.* // Nachr. K. Ges. Wiss. Gottingen, 3, 395, 1915; Вариационные принципы механики / Под ред. Л.С. Полака. – М.: ГИФМЛ, 1959. – С. 589–598.
9. *Misner C.W., Thorne K., Wheeler J.A.* // Gravitation. – San Francisco: Freeman, 1974; *Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж.* Гравитация. – М.: Мир, 1977.
10. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. – Кн. 2: По пути Клиффорда–Эйнштейна. – М.: URSS, 2011.

11. *Painleve P.* // C.R. Acad. Sci. (Paris). 173, 677, 1921.
12. *Владимиров Ю.С.* Классическая теория гравитации. – М: URSS, 2009.
13. *Arnovitt R., Deser S., Misner C.W.* // Phys. Rev., 116, 1322, 1959.
14. *Einstein A.* Sitz. preuss. Akad. Wiss. 1,1, 154–167 (1918); *Эйнштейн А.* Собр. науч. трудов. – Т. 1. – М.: Наука, 1966. – С. 631–646.
15. *Бурланков Д.Е.* Время, пространство, тяготение. – М.; Ижевск: РХД, 2006.
16. *Бурланков Д.Е.* Динамика пространства. – Н. Новгород: ННГУ, 2005.
17. *Бурланков Д.Е.* Пространство, время, космос, кванты. – Н. Новгород: ННГУ, 2007.
18. *Бурланков Д.Е.* Анализ общей теории относительности. – Н. Новгород: ННГУ, 2011.

НЕПУСТОЕ МАТЕРИАЛЬНОЕ ПРОСТРАНСТВО В ФИЛОСОФИИ И В ФИЗИКЕ

И.Э. Булыженков

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН

Все видимые тела являются плотными вершинами связанных перекрывающихся астрочастиц с чрезвычайно слабыми радиальными «хвостами» элементарной материи за пределами восприятия и возможности измерений. Непустое, материальное, пространство в рассуждениях древних греков и философов-идеалистов имеет математическое обоснование при самосогласованном чтении максвелловской электродинамики и эйнштейновской гравитации через непрерывные радиальные источники классических полей. Невидимое формирование «духа–души–сознания» (гегелевский Geist) в Природе с априорным знанием может оказаться более фундаментальной сутью космического творения живых организмов, чем их пространственно перекрывающиеся тела. Материальная Ноосфера коллективной человеческой мысли должна допускать чтение запасенной в ней информации даже после смерти самих мыслителей.

Пытаясь отделить генетику от неизвестных пока механизмов воспроизведения биоинформации, заложенной Природой в живые организмы, мой брат однажды спросил меня, как физики могут объяснить, что его собака (ридзбек Альма) регулярно атакует телевизионное изображение львов и только львов. Откуда ридзбек из Женевского кантона знает, что его порода была выведена (в далекой Южной Африке) специально для борьбы со львами?

В то время, не имея научной концепции нелокальности для макроскопической материи, пришлось сослаться на дежурную нелокальность квантовых частиц и их волновые свойства. Это свелось примерно к тем же популярным «объяснениям» корреляции дистанционных событий, которые, как я позднее узнал благодаря книге «The Field» [1], профессора любят предъявлять журналистам. Физикам просто свойственно переадресовывать еще неразгаданные проблемы макромира в область замысловатых флуктуаций квантовых частиц. Общепринятые интерпретации научных наблюдений и Стандартная модель физических взаимодействий являются нашей самозащитой при полной беспомощности от вызова пока необъясненных явлений Природы, которые редко публикуются в реферируемых журналах.

Современный рецензент предпочитает видеть все утверждения в рамках устоявшейся научной парадигмы, а не за ее пределами. Поэтому Канту, на-

пример, вряд ли удалось бы в наши дни быстро поделиться в печати с другими мыслителями тем, что сознание должно обладать априорными знаниями о «вещах в себе» («the synthetic a priori or innate knowledge of things in themselves» [2]). Необъясненные наукой корреляции между дистанционными событиями обсуждались, тем не менее, уже как минимум 65 нациями с различными религиями и уровнями культур [1]. В этой работе попытаемся предложить логический мост от математических конструкций классической теории электромагнитного и гравитационного поля к непустому материальному пространству в философии древних греков, которое и привело современных идеалистов к проблемным идеям о космической сути бытия.

В отличие от естественных наук философия долгое время не рассматривалась мною как мощный инструмент изучения Природы. Мои учителя физики советовали избегать, по возможности, философских дебатов с их нестрогими определениями, типа «материя есть объективная реальность, данная нам в ощущениях». Ощущения, как известно, зависят от возраста человека и различаются для разных видов живых организмов. Чувствительность измерений также не может быть зафиксирована, так как она зависит от совершенства приборов и методов. Однако, противопоставляя себя философам и вдохновляясь лишь «наблюдаемыми» локальными столкновениями элементарных частиц, можно никогда не понять смысла концепции холизма (holism) или целостности всей материи Вселенной, уже давно постигнутой многими философскими учениями. А ведь холизм – это кратчайший путь к объяснению на практике наблюдающихся дистанционных корреляций нелокальных субъектов, включая человеческие организмы.

Несмотря на ироничную позицию большинства ученых, многонациональное население «материалистического» СССР, для примера, всегда верило в предсказания, в космическое взаимодействие близких душ и в небесную природу заключаемых браков. Биополя Гурвича [3], Ноосфера Вернадского [4], пульсации Вселенной Чижевского [5], парапсихологические опыты Васильева, астро-энергетические «зеркала Козырева», публичные выступления Мессинга, аргументы Бехтерева по бессмертию мыслей и философия русского космизма [6] в целом никогда научно не опровергались АН СССР, но и не признавались официально. При этом Академия наук всерьез воспринимает и поддерживает точечные массы в пустом кривом пространстве, а точечные заряды – в пустом евклидовом пространстве. Неужели массы и электрические заряды сосуществуют в разных пространствах одной и той же Вселенной?

Есть ли вообще смысл в доктрине точечных масс и пустого пространства, если каждый понимает, что плотность массы пропорциональна плотности энергии, которая только непрерывным образом и может быть распределена по пространству? Как идеологи точечной материи проведут границу между наблюдаемой частью тела (для примера яблока, «данного нам в ощущениях») и его ненаблюдаемой (за пределами ощущений) частью, логически

приписываемой идеализмом Канта–Гегеля–Маха всему веществу во Вселенной. Поверхность материальной субстанции не может непрерывно проходить через пустые области пространства между точечными частицами на видимом краю яблока. Раз нет материи за пределами каждого точечного атома, то нет и материальной линии между двумя атомами. А значит, нет и непрерывной материальной поверхности вокруг объема видимой части яблока.

Тогда, как и почему они пришли к своим «абсурдным» заключениям о невидимых реальностях физического мира? Кант продвигал углубленную версию знаменитых платоновских форм, использованных также и многими материалистами. Непрерывные распределения невидимых энергетических образований в окружающем пространстве обсуждались китайскими мыслителями и философами индийского учения Хинду задолго до платоновских диалогов о вечных формах «обосновавшихся в материальных объектах». Дедуктивная логика, открытая Аристотелем для причинного описания Природы, приняла положение о том, что видимые предметы имеют меньшую реальность, чем невидимые платоновские формы. По Аристотелю, вещество – это комбинация видимой материи и некоторых невидимых форм, которые, тем не менее, не являются какой-то отдельной реальностью. Он логически отверг концепцию пустого пространства в пользу пространства-континуума (*plenum*), заполненного всюду невидимым вещественным фоном.

Начав с Диалогов Платона, западный классический идеализм достиг кульминации в гегелевском диалектическом методе изучения Природы с абсолютным врожденным знанием и общим «духом-душой-сознанием», обозначаемым одним немецким словом *Geist* [7]. Коллективное сознание было последовательно поддержано геохимиком Вернадским [4] как «сфера человеческой мысли» (названная позднее Ноосфера), которая стала третьей фазой формирования Земли вслед за Геосферой и Биосферой. Можно ли понять, какой раздел Стандартной модели современный физик должен сопоставлять с гегелевским «духом-душой-сознанием» или Ноосферой Вернадского? Можем ли мы здесь говорить о дебройлевских волнах, квантовых флуктуациях нулевого поля или вибрациях струн?

Физики могут, конечно, говорить о невидимом микромире и его удивительных законах, но философы всегда обсуждали макро- и мегамиры, где идеалисты настаивали на глобальном перекрытии мышления в некотором информационном пространстве с «априорным синтетическим знанием» («*the synthetic a priori knowledge*» [2]). Душа и мысли не отделены в таком подходе от материального пространства-континуума, а взаимодействуют с материей непосредственно через изменение элементов («*transmutations of elements*»). Другими словами, материальные мысли и другая материя (включая человеческое тело) должны сосуществовать, согласно последователям Канта в немецкой классической философии, в одном и том же пространстве взаи-

модействий с пространственным перекрытием между коллективным мышлением и всеми человеческими организмами.

На первый взгляд, такое идеалистическое учение выглядит очень странно, поскольку каждый искренне заявит, что глобальное перекрытие живой и неживой материи противоречит повседневному наблюдениям, скажем, разделенными локализациями двух яблок на столе. Значит ли это, что немецкие идеалисты не имели ни логики, ни практического опыта в пространственных наблюдениях? Или все они, включая эксперта по баллистике Маха, не понимали классическую механику для «локализованных» яблок? Более того, гениальный Ньютон также поддерживал «абсурдную» идею материального эфира для непосредственного перекрытия-соприкосновения притягивающихся тел, Фарадей рассматривал заряженное поле-материю вокруг «центра силы» каждого заряда, Максвелл предложил ток смещения как заряженный поток материи, а Клиффорд размышлял обо всех предметах как о неоднородностях в непрерывном материальном пространстве. В прошлом веке Ми, Гильберт, Эйнштейн, Борн и Швингер логически обосновывали потребность в никогда не наблюдаемых протяженных зарядах для классического поля. Неужели у всех этих ученых было временное затмение рассудка? А видели ли их оппоненты потрясающую связующую способность птичьих стай и рыбьих косяков, в которых тысячи животных одновременно изменяют направление в мгновенном знании того, что происходит вокруг?

Теперь возникает резонный вопрос – кто неправильно интерпретирует дедуктивную логику, физические законы или практические наблюдения материи в пространстве? Квантовая механика не имеет отношения к логическому открытию древних греков того, что наблюдаемые (макроскопические) тела имеют меньшую реальность, чем их вечные формы, находящиеся за пределами порога человеческого восприятия. По логике греков, реальное пространство-континуум («plenum»), скрытое от детальных наблюдений, заполнено всюду непрерывной материей с нелокальными связями. Такие связи действительно интересуют современных ученых и обсуждались на новом уровне, например, в принципиальном парадоксе Эйнштейна–Подольского–Розена [8].

Почему бы сегодня не отбросить устоявшуюся парадигму пустого пространства и дельта-операторных частиц в уравнениях Максвелла и Эйнштейна в пользу древнегреческого непрерывного пространства-вещества, выступающего из тумана наших ощущений («perception fog»)? Почему бы не признать китайскую инь-янь дуальность материальных потоков и выводы древнеиндийского учения о том, что тело (точнее его видимые границы) является иллюзией наших неполных наблюдений протяженной космической субстанции? Ведь это же все подтверждается уравнениями максвелловской электродинамики и эйнштейновской гравитации при их аналитическом чтении через радиальные плотности протяженных частиц (но не через нереалистические дельта-плотности).

Общая теория относительности (ОТО) утверждает, например, что источником ньютоновских полей является тензорная плотность энергии, а отнюдь не точечная масса, предполагаемая в законе всемирного тяготения. Поэтому гравитирующие тела по Эйнштейну являются распределениями массы-энергии в неделимой и нелокальной Вселенной. Можно сказать, что последовательная интерпретация ОТО через плотности распределенных источников соответствует ньютоновскому эфиру от непосредственного перекрытия притягивающихся тел, аристотелевскому пространству-континууму с невидимым распределением непрерывных вещественных плотностей и непрерывным потокам энергии-материи в философских учениях Древнего Востока.

Ограниченные объемы наблюдаемых макроскопических тел являются результатами нашего восприятия лишь наиболее плотных вершин в упорядоченных объединениях радиальных частиц, каждая из которых распространяется на весь объем Вселенной. Когда диалектические материалисты обрезают вершины материальных космических тел по туманному уровню облаков человеческого восприятия, они вынуждены были прийти к заключениям, противоречащим Гегелю – отцу универсального диалектического метода. По Марксу и Ленину истинной реальностью является только осязаемая (выше порога восприятия и измерений) материя, в то время как неосязаемые радиальные «хвосты» астрочастиц или их формирования со слабой энергетической плотностью во Вселенной со всюду перекрывающимися элементами всей материи не подпадают под такое прагматическое определение реальности.

Если бы элементарные частицы действительно были бы точечными (или полностью локализованными в микроскопических объемах) в Природе, а не в ее моделях, тогда марксистско-ленинское определение материи через ее восприятие в ощущениях (или даже в сверхточных измерениях) могло бы иметь смысл. Но распределения материи за пределами уровня ее практической чувствительности всегда существуют в непустом пространстве, и они могут влиять на наблюдаемые события. Эти распределения со слабой энергетической плотностью могут быть даже более значимыми для Природы, чем ее видимые тела с высокой концентрацией частиц. Например, невидимые материальные мысли Ноосферы Вернадского и Вселенной Канта–Гегеля–Маха с априорным знанием Природы стабильно поддерживаются устойчивыми энергоинформационными образованиями (собака регулярно атакует ТВ-образы никогда не виденных ею львов) даже после полного распада макроскопических тел бывших мыслителей на газы отдельных молекул.

К несчастью для плодотворных идей немецких идеалистов, современные физики стремятся упростить описание материи через дельта-операторы для якобы точечных частиц в якобы пустом пространстве. Но «абсурдный» перехлест всей имеющейся материи, логически установленный древними

греками и философами-идеалистами, действительно существует в эйнштейновской гравитации и максвелловской электродинамике, где нелокальный носитель элементарных массы и заряда должен быть аналитически описан [9] непрерывной радиальной плотностью, а не дираковской дельта-плотностью из противоречивой модели точечных частиц. Поэтому глобальное пространственное перекрытие нелокальных масс-энергий неживой и живой материи выглядит противоречивым только из-за наших наблюдений с конечным уровнем чувствительности.

Взаимные перекрытия радиальных зарядов и их радиальных полей в уравнениях электродинамики и гравитации дают математическое обоснование логическим интерпретациям платоновских форм в немецкой классической философии. Даже евклидова геометрия окружающего 3-мерного пространства, использованная Кантом как яркий пример врожденного знания свойств Вселенной каждым индивидуумом, не подвела этого мыслителя-идеалиста согласно маховской астрофизике с радиальными частицами [9]. Да и Мах имел, как выяснилось [9], аналитические основания для рассмотрения астросостояний инерциальной материи и для критики локализованных атомов Больцмана потому, что истинная суть «микроскопических» атомов в эйнштейновской гравитации соответствует астрокосмическим распределениям энергии-массы по всей Вселенной. Понятно, что релятивистская механика объединений таких астрораспределений, перекрывающаяся с протяженной материей всех звезд, будет зависеть от них или от остальной части Вселенной (маховский термин «rest of the Universe»).

Директивы Ми-Эйнштейна по введению протяженных частиц в электродинамику и гравитацию давно могли бы привести к продвинутому математическому чтению нелокальности перекрывающейся классической материи при причинном релятивистском движении точечных центров радиальных зарядов или фарадеевских центров силы. Протяженная классическая масса-материя строго определяется самосогласованными решениями уравнений Максвелла и Эйнштейна, а вовсе не чувствительностью нашего восприятия действительности. Нужно честно признать, что древние философы познали непрерывную реальность наблюдаемых тел намного лучше, чем современные физики, вооруженные дорогостоящим суперколлайдером и Стандартной моделью взаимодействий.

В наши дни теоретическая физика организована, к сожалению, так, что признанные эксперты могут блокировать любую новую идею, если она противоречит их публикациям. Сейчас почти нигде не услышишь аристотелевский девиз «Платон мне друг, но истина дороже» («Amicus Plato, sed magis amica veritas»). Намного более популярным становится прагматичный американский принцип «Follow the money», порочащий и науку, и ученых. Все очень дружно поддерживают идею разорительных измерений пространства за уже достигнутым пределом для того якобы, чтобы прояснить проблему происхождения массы. Но почему при этом физики «забывают», что форми-

рующее массу нарушение киральной симметрии уже происходит при гораздо больших масштабах? Древние греки сразу бы поняли, что если есть нарушение симметрии, то оно есть и на всех других масштабах единого материального пространства. Почему бы не дать научную трибуну критикам пустого пространства вместо того, чтобы любоваться сюрреалистической моделью сингулярной материи?

Нелокальные корреляции био-частиц [11] и фотонов [12] уже давно были проверены в лабораториях научно признанными методами. Распределенное сознание и Ноосфера коллективной мысли исследуются удаленными наблюдателями в совместных экспериментах, скоординированных по Интернету. Уже огромное количество примеров известно в поддержку космической нелокальности событий с участием живой материи. В мире радиальных частиц каждый может себя считать жителем всей Вселенной, а не маленькой планеты Земля.

С учетом вышесказанного, возможно, перейти в теории классических полей от модели пустого пространства с точечными частицами к аристотелевскому пространству-континууму с радиальными частицами, соответствующими непрерывным платоновским формам. Призываю материалистов пустого пространства пересмотреть свое прагматичное определение материи в пользу бесконечно-протяженного классического заряда и дистанционных корреляций материи и мыслей в энергетическом пересечении Геосферы, Биосферы и Ноосферы Земли. Древние греки, немецкие идеалисты и философы русского космизма подарили нам идеи материальных формирований с запредельно слабыми плотностями энергии, так давайте же поддержим эту интеллектуальную эстафету и в философии и в физике.

ЛИТЕРАТУРА

1. *McTaggart L.* The Field: the Quest for the Secret Force of the Universe. – N. Y.: Harper-Collins Publishers, 2002.
2. *Kant I.* Critique of Pure Reason (1781) // Trans. Norman Kemp Smith. – N.Y.: St. Martins, 1965, A 51/B 75; *Oizerman T.I.* Kant's Doctrine of the 'Things in Themselves' and Noumena // Philosophy and Phenomenological Research. – 1981. – № 41. – P. 333–350.
3. *Гурвич А.Г.* Теория биологического поля // Советская наука. – М., 1944.
4. *Vernadsky V.I.* Some Words about the Noosphere. The American Scientist. – 1945, Jan. URL: <http://www.21stcenturysciencetech.com/Articles%202005/The-Noosphere.pdf>.
5. *Чижевский А.Л.* Теория гелиотараксии. – М., 1980; Земное эхо солнечных бурь. – М., 1976. *Чижевский А.Л., Шишина Ю.Г.* В ритме Солнца. – М., 1969.
6. *Семенова С.Г., Гачева А.Г.* Русский космизм. – М.: Педагогика, 1993; *Djordjevic R.* Russian cosmism // Serb. Astron. Jour. – 1999. – № 159. – P. 105–109; *Hagemeister M.* Russian Cosmism in the 1920s and Today / *Bernice G.R. (ed.)* The Occult in Russian and Soviet Culture. – Ithaca, Lnd: Cornell UP, 1997. – P. 185–202. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Russian_cosmism; *Шлекин С.И.* Русский космизм. Проблемы иррационального знания, художественного чувства и научно-технического творчества. – М.: URSS, 2011.

7. *Hegel G.W.F.* Phenomenologie des Geistes. – 1807; Enzyklopedie der philosophischen Wissenschaften. – 3rd ed. – 1830; Hegel's Philosophy of Mind / Tr. William Wallace. – 1894; Phenomenology of Mind / Tr. J.B. Baillie. – 1910; Hegel's Phenomenology of Spirit / Tr. A.V. Miller. – 1977.
8. *Einstein A., Podolsky A., Rosen N.* Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete? // *Phys. Rev.* – 1935. – № 47. – P. 777.
9. *Bulyzhenkov I.E.* Einstein's Gravitation for Machian Relativism of Nonlocal Energy-Charges // *Int. Jour. of Theor. Phys.* – 2008. – № 47. – P. 1261; Superfluid Mass-Energy Densities of Nonlocal Particle and Gravitational Field // *Journ. of Superconductivity and Novel Magnetism.* – 2009. – № 22. – P. 723.
10. *Mach E.* Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt. – Leipzig: F.A. Brockhaus, 1904. – S. 236.
11. *Kaznachejev V.P.* Psychological Systems. – 1976. – №. 1. – P. 141. URL: http://www.bibliotecapleyades.net/scalar_techesp_scalarwar03a.htm.
12. *Aspect A., Dalibard J.L., Roger G.* Experimental Test of Bell's Inequalities Using Time // Varying Analyzers *Phys. Rev. Let.* – 1982. – № 49. – P. 1804–1808.

ИЗ НАСЛЕДИЯ ПРОШЛОГО

ЕДИНАЯ ТЕОРИЯ ПОЛЯ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА*

П.Г. Бергман

Краткое содержание. Начав с изложения эйнштейновского понимания достоинств и недостатков общей теории относительности, мы переходим к рассмотрению того, какой, по мнению Эйнштейна, должна быть завершенная единая теория. В настоящей работе кратко описываются и обсуждаются четыре теории, которые можно рассматривать как «единые», а именно теории Вейля и Калуцы, разработанные полстолетия назад, и теории с кручением и суперсимметрией, привлекающие внимание в настоящее время. Мы приходим к выводу, что на любую будущую теорию должны оказывать влияние достижения физики элементарных частиц, что этой теории придется объяснить принципиальные противоречия между классической и квантовой теориями поля и что она в конечном счете может привести к изменению современной модели пространства-времени как четырехмерного многообразия.

Когда более сорока лет тому назад я встретился с Эйнштейном, он уже потратил много лет на создание единой теории поля, которая могла бы отвечать всем его требованиям. Эйнштейн никоим образом не отрицал больших достижений общей теории относительности, но, будучи ее создателем, хорошо осознавал как ее достоинства, так и недостатки, и пытался создать физическую теорию, которая бы впитала в себя все достоинства общей теории относительности и в то же время была шире ее.

Что же ценного имеется в общей теории относительности? Успешное объяснение смещения перигелия Меркурия, предсказания отклонения лучей света Солнцем и красного смещения спектральных линий, испускаемых из областей большого гравитационного потенциала? С точки зрения Эйнштейна, это были сравнительно небольшие достижения, несомненно удовлетво-

* Перепечатка введения и заключения статьи П. Бергмана «Единая теория поля: вчера, сегодня, завтра» из сборника «Проблемы физики: классика и современность» (М.: Мир, 1982), изданного в связи со 100-летием со дня рождения А. Эйнштейна.

ряющие нас, но едва ли равнозначные огромным умственным усилиям, затраченным на создание этой теории. Однако помимо этого в теории содержалось универсальное утверждение о равенстве гравитационной и инертной масс, откуда следовало, что все тела, большие и малые, испытывают одинаковые ускорения в окружающем гравитационном поле. Этот факт, известный еще Галилею и Ньютоном, был строго введен в основы теории лишь в общей теории относительности.

Это равенство, известное как принцип эквивалентности, приводит к отказу от инерциальных систем отсчета, используемых как в ньютоновской физике, так и в специальной теории относительности, и замене их чисто локальной свободно падающей системой отсчета. Кроме того, это равенство приводит к равноправию в глобальном смысле всех систем отсчета пространства-времени, которых формально бесконечно много, и к совершенно универсальным четырехмерным системам координат. Общая теория относительности и только она одна из всех современных жизнеспособных физических теорий обходится без инерциальных систем отсчета, которые операционально не могут быть определены в присутствии гравитационного поля. Это одно из основных достижений общей теории относительности.

Из всех классических полевых теорий только в общей теории относительности движение пробных частиц определяется уравнениями поля; при этом отпадает необходимость в отдельно постулируемых уравнениях движения. Чтобы показать, насколько важно это обстоятельство, я рассмотрю ситуацию в электродинамике. В теории Максвелла–Лоренца мы имеем, с одной стороны, электромагнитное поле, подчиняющееся уравнениям Максвелла, а с другой стороны – заряженные частицы, движение которых определяется силами Кулона–Лоренца. Они в свою очередь зависят от полей в точке нахождения частиц, но эти поля являются бесконечными! Необходимо разложить поле на две части, а именно на собственное поле частицы (являющееся бесконечным) и на остающееся конечное поле. Последнее поле, которое существует даже в отсутствии частицы, рассматривается как внешнее, или падающее, поле. Частица изменяет состояние своего движения в основном под влиянием этого поля. К сожалению, разложение полного поля на собственное и падающее является в лучшем случае неоднозначной процедурой, поскольку существует несколько различных правил определения собственного поля. В теории, в которой уравнения поля нелинейны, как, например, в общей теории относительности, вообще нет корректного метода определения падающего поля.

Когда я приехал в Принстон в Институт высших исследований, общая теория относительности была в основном завершена, и Эйнштейн, Инфельд и Хоффман преуспели в разработке систематического метода, позволяющего определить движение массивной частицы, если полное поле, окружающее частицу, известно даже не в точке нахождения частицы, где оно бесконечно, а лишь в ее окрестности. Годом позже В. Фок получил аналогичный резуль-

тат несколько отличающимся способом; в последующие годы оба этих метода были согласованы друг с другом и усовершенствованы.

Все это и составляет основные достижения общей теории относительности. В чем же, с точки зрения Эйнштейна, заключались ее недостатки? Прежде всего, в общей теории относительности гравитация играет особую роль, отличающуюся от той роли, которую играют все другие поля, встречающиеся в природе. В рамках этой теории можно представить физические ситуации, когда имеются лишь гравитационные поля, а другие поля отсутствуют. Обратное невозможно: поскольку все физические поля переносят энергию и давление, а следовательно, и массу, теория просто не допускает существования только негравитационных полей. Таким образом, имеется фундаментальная асимметрия, которая, по мнению Эйнштейна, несовместима с единым рассмотрением физической Вселенной.

С более формальной точки зрения такая асимметрия характеризуется тем, что совокупность всех полей, встречающихся в природе, расщепляется инвариантным способом, а как представление основной группы инвариантности (группы диффеоморфизмов) поля являются приводимыми.

Одна из замечательных особенностей природы состоит в том, что элементарные частицы встречаются в различных видах – электроны, протоны, позитроны и т. д. – и что внутри каждого вида отдельные частицы обладают одинаковыми свойствами: массой, зарядом и т. д. Совершенная теория природы должна объяснить существование таких видов и предсказать свойства элементарных частиц, исходя из нескольких основных принципов, и эти принципы, в свою очередь, должны являться частью всеобъемлющего описания природы. Такую задачу общая теория относительности решить не может.

Отмеченный выше недостаток общей теории относительности тесно связан с другим ее недостатком. В этой теории частицы рассматриваются как сингулярности, то есть как области, в которых полевые переменные становятся бесконечными или обнаруживают сингулярное поведение другого типа. Появления сингулярностей нельзя избежать даже в случае пустого пространства; действительно, несколько последних работ Р. Пенроуза и С. Хокинга показывают, что во многих случаях возникновение сингулярностей с математической точки зрения неизбежно. В классической теории поля сингулярность представляет собой область пространства-времени, в которой полевые уравнения, описывающие законы природы, становятся неприменимыми. Другими словами, наличие сингулярностей свидетельствует о недостатках теории, претендующей на полное описание природы. Они указывают на внутреннюю противоречивость теории и необходимость ее дальнейшего усовершенствования.

Создание единых теорий поля представляет попытку сохранения общих идей классической теории поля и в то же время преодоления отмеченных недостатков общей теории относительности.

Прежде чем приступить к обсуждению единых теорий поля, я должен обрисовать, хотя и не очень точно, отношение Эйнштейна к квантовой теории. Хорошо известно, что на заре квантовой физики Эйнштейн играл ведущую роль в ее создании. Работа Макса Планка 1900 г. убедила его в том, что энергия электромагнитного излучения распространяется в виде неделимых порций, величина которых пропорциональна частоте излучения. На основе этой идеи Эйнштейн разработал теорию фотоэффекта. За этим последовал целый ряд пионерских работ, представляющих значительный вклад Эйнштейна в классическую квантовую теорию.

Однако после того как квантовая теория приняла свой современный вид, Эйнштейн не принял ее. Его скептицизм основывался на серьезных философских опасениях. В современной квантовой теории физические законы не применяются к отдельным физическим объектам, а только к их статистическим ансамблям. Математический аппарат квантовой теории исключает одновременное количественное описание всех физических переменных, откуда делается строгий вывод о невозможности одновременного определения их посредством наблюдений. В этом и состоит смысл знаменитых соотношений неопределенности. Располагая максимальной доступной информацией, квантовая теория не предсказывает последующее поведение физической системы, а скорее определяет вероятность наблюдения того или иного конкретного события. Статистический характер как описания, так и предсказаний является фундаментальным свойством квантовой теории. Именно это Эйнштейн считал неприемлемым.

Позицию Эйнштейна следует понимать, исходя из его убеждения, что физическая Вселенная существует независимо от наблюдателя. Хотя в молодости Эйнштейн находился под сильным влиянием философии Эрнста Маха, к тому времени, когда я приехал работать с ним, ему нравилось называть себя «реалистом», однако, по моему мнению, он скорее был материалистом. Эйнштейн сравнивал ученого со студентом, пытающимся увидеть и познать окружающую его физическую Вселенную, которая существует независимо от него. Именно по этой причине Эйнштейн считал, что описание физической системы при помощи квантовомеханического вектора состояний (в гильбертовом пространстве) является несовершенным.

Критически относясь к квантовой теории, Эйнштейн полагал, что истинно удовлетворительная теория должна быть не квантовой, а классической в том смысле, что физические явления должны полностью описываться, если известны значения всех рассматриваемых физических переменных.

Перспективы на будущее. Поиски Эйнштейна в области единой теории поля не привели к общепризнанным результатам, несмотря на его гениальность и упорство. По нашему мнению, это связано с отсутствием новых экспериментальных данных, которые могли бы служить путеводной звездой. Ядерная физика при жизни Эйнштейна была в основном статистической. Имевшихся в то время экспериментальных данных было достаточно для

создания поразительно успешной теории атомного ядра; однако в то же время ввиду ограниченности эмпирических данных трудно было сделать какие-либо выводы о природе взаимодействия барионов. В настоящее время положение резко изменилось. Независимо от того, являются ли частицы «элементарными» или нет, являются ли кварки или глюоны предельными кирпичиками для всех известных адронов, в настоящее время имеется твердо установленный и согласованный набор принципов, которые нельзя не учитывать при построении любой теории, претендующей на фундаментальную. Как я отмечал, по моему мнению, еще рано говорить о том, что супергравитация является жизнеспособной теорией, однако она по крайней мере представляет собой серьезную попытку объединения понятий как классической теории поля, так и современной теории физики элементарных частиц. Это, по моему мнению, является серьезной заявкой на будущее. В настоящее время опубликован ряд работ, в которых предлагаются методы объединения супергравитации и теорий с кручением.

Возможно, в ближайшем будущем не удастся ликвидировать пропасть между классической и квантовой теориями. Однако мы не должны терять надежды и принимать точку зрения, которую в последние годы своей жизни отстаивал Эйнштейн и которая состояла в том, что квантовая теория должна в дальнейшем остаться неизменной, а классическая теория должна рассматриваться как макроскопическое приближение. Я надеюсь, что отмеченная проблема будет решена, однако не в рамках общепринятых классических или квантовых концепций, а с помощью новых идей, которые придут им на смену. Только будущее может дать ответ на этот вопрос.

В заключение уместно сказать несколько слов о многообразии как модели пространства-времени. В то время как в классической механике координаты частиц являются динамическими переменными (а следовательно, в квантовой механике q -числами), координаты в теории поля являются просто непрерывными индексами (а следовательно, c -числами) и неизменно служат основой для восприятия и описания динамики соответствующих полей. Не существует убедительных причин, которые позволяли бы или не позволяли бы использовать многообразие в этой роли. Мы не можем наблюдать мировую точку как таковую, а в лучшем случае наблюдаем события, происходящие в этой мировой точке; в принципе могут существовать причины, в силу которых мы не можем воспринимать события, происходящие в близлежащих мировых точках, как отдельные события. Но даже если экспериментальное разрешение близлежащих мировых точек ограничено, тем не менее многообразие может оставаться и остается удовлетворительным способом описания природы.

В случае, когда многообразие пространства-времени является расслоенным, расслоение представляет собой новое многообразие все еще конечной размерности, но уже не четырехмерное. Пространство-время остается базисным многообразием со всеми образующими его различными объектами, ес-

ли отображение расслоения на базисное многообразие инвариантно относительно группы симметрии. Несколько лет тому назад А. Комар и я пришли к выводу, что можно ввести группу симметрии для стандартной общей теории относительности, причем такая группа будет намного шире, чем группа диффеоморфизмов; она не переводит мировую точку в мировую точку (и слой в слой) и даже не является отображением расслоения самого на себя. Это описание может оказаться чисто формальным. С другой стороны, можно надеяться, что использование концепции многообразия четырехмерного пространства-времени в конце концов приведет к новым идеям. По всей вероятности, супергравитация позволит расширить группу симметрии, хотя мы не вполне уверены в этом.

В заключение мне хотелось бы выразить надежду, что в обозримом будущем удастся достигнуть прогресса в унификации нашего понимания физической Вселенной. При любом продвижении вперед по этому пути несомненно возникнут новые проблемы, которых мы еще не знаем, однако отчаиваться не следует. Природа приготовила нам бесконечное число загадок, но я уверен, что с ними вполне можно справиться. Эйнштейн был убежден: «Господь бог изощрен, но не злонамерен».

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ КОСМОЛОГИИ И ТЕОРИИ ГРАВИТАЦИИ*

А.Л. Зельманов

*Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга
физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова*

За последние 7–8 лет в астрономии был сделан ряд, я бы сказал, сенсационных открытий. Их значение не уменьшается от того, что существование некоторых из открытых явлений или объектов было предсказано. Но были сделаны также открытия, явившиеся полной неожиданностью, как, например, открытие квазаров. Если говорить о явлениях, возможность которых была предсказана, то к ним относятся равновесное трехградусное тепловое излучение, которое было отождествлено с теоретически предсказанным реликтовым излучением, и пульсары, отождествленные с гипотетическими нейтронными звездами.

По-видимому, открытие квазаров и реликтового излучения может сыграть гораздо большую роль, чем это на первый взгляд кажется. Дело в том, что естественная интерпретация вновь открытого трехградусного излучения (по-видимому, единственная в настоящее время разумная интерпретация) «состоит в том, что это – излучение, которое оторвалось от вещества в эпоху его рекомбинации, когда все метagalактические расстояния были в 1000–1300 раз меньше, чем в современную эпоху. Это означает, что в ту эпоху метagalактическая плотность вещества была на 9 порядков выше, чем в настоящее время. Это не очень высокая плотность, потому что современная метagalактическая плотность вещества – порядка 10^{29} гр/см³, – значит плотность была порядка 10^{20} гр/см³. Это было, по-видимому, не менее десятка миллиардов лет тому назад. Но за несколько сот тысяч лет до эпохи рекомбинации метagalактическая плотность могла быть сколь угодно высокой. А с современной точки зрения, при какой-то критической, очень высокой плотности все существующие физические теории уже бессильны: они не применимы к соответствующему этой плотности состоянию материи. Какова эта критическая плотность, никто не знает, во всяком случае, она не меньше чем 10^{18} гр/см³ и не больше, чем 10^{94} гр/см³. Где-то на этом огром-

* Текст статьи дается в редакции: *Зельманов А.Л.* Некоторые вопросы космологии и теории гравитации // Физическая наука и философия: Труды второго Всесоюзного совещания по философским вопросам современного естествознания, посвященного 100-летию со дня рождения В.И. Ленина (Москва, декабрь 1970 г.). – М.: Наука, 1973.

ном интервале плотностей все современные физические теории заведомо перестают работать.

Итак, весьма вероятно, что в прошлом наша Метагалактика, по крайней мере та ее часть, которую мы можем теперь наблюдать, прошла через состояние, описать которое современные физические теории не могут, состояние, подведомственное новой, еще неизвестной физической теории.

Что касается квазаров, то природа их загадочна, во всяком случае, пока не удастся понять сущность этих вновь открытых объектов с точки зрения существующих физических теорий. Возможно, для ее понимания необходима та же, новая, еще не созданная физическая теория.

Самые общие современные физические теории – это, с одной стороны, общая теория относительности и, с другой стороны, релятивистская квантовая теория. По-видимому, новая физическая теория должна представлять собой либо синтез этих двух теорий, либо замену такого синтеза, показывающую его невозможность. В этом случае она будет содержать не какие-либо наиболее общие дифференциальные уравнения, а принципы, позволяющие составлять дифференциальные уравнения для всех допускаемых ею частных случаев. Математическим выражением этих принципов могут быть также уравнения, но не дифференциальные.

Я согласен с тем, что главное в общей теории относительности – отнюдь не относительность, а именно то, что это – теория гравитации. И специальная теория относительности, и общая теория относительности суть, бесспорно, теории относительности. Но когда мы называем одну из них специальной, а другую общей, то вторая является общей по отношению к первой не в плане относительности: здесь нет обобщения относительности, потому что относительность в общей теории не большая, чем в специальной, а в некоторых случаях даже меньшая. Эти названия теорий сложились исторически. Мне кажется, что более правильно их называть так: специальная теория пространства-времени и общая теория пространства-времени. Однако я не думаю, что привьются эти или какие-либо другие новые названия теории. Ведь мы знаем, что в настоящее время Кузнецкий мост – не мост, Никитские ворота – не ворота, а Земляной вал – не вал. Но мы привыкли к этим названиям, и никаких недоразумений они не вызывают. Точно так же название «общая теория относительности» все у меньшего числа людей будет вызывать недоразумение.

Несмотря на свою логическую стройность и безупречность, общая теория относительности не свободна от затруднений. Обычно думают, что в ней нет никаких проблем. Это заблуждение. Есть проблемы, и притом не решенные не только вследствие математических трудностей, но и вследствие неясности некоторых принципиальных моментов. Я могу назвать для примера проблему энергии и импульса гравитационного поля, проблему гравитационных волн и проблему гравитационного излучения. Есть и проблемы, кото-

рые заведомо не могут быть решены в рамках общей теории относительности. Это относится, в частности, к релятивистской космологии.

Как всем понятно, Вселенная существует в единственном экземпляре. Поэтому любая корректная космологическая теория не должна допускать больше одной модели для Вселенной. Она может вообще не допускать космологической модели, так как Вселенная может быть столь сложна, что ее нельзя представить никакой моделью; но если уж теория дает модель, то она должна быть единственной, как единственна сама Вселенная. Космология, основанная на общей теории относительности, не удовлетворяет этому требованию, и это понятно, потому что основные уравнения общей теории относительности (как, впрочем, и любой другой из современных основных физических теорий) – дифференциальные. Поэтому они не могут давать единственную модель, – они, естественно, допускают множество моделей. Но это показывает, что общая теория относительности не настолько обща, чтобы правильно решить вопрос о модели Вселенной. Если в упомянутой выше новой, более общей физической теории наиболее общие уравнения не будут дифференциальными, возможно, что эта теория даст одну, а не множество космологических моделей.

В связи с дискуссией о конвенционализме, которая вчера здесь возникла, я хотел бы сказать несколько слов.

Вся современная физика явно или неявно пользуется метрической геометрией. Что такое метрическая геометрия? Это геометрия, в которой основным понятием служит понятие длины. И поскольку понятие длины – понятие основное, оно не подлежит определению в рамках метрической геометрии. Если физика пользуется метрической геометрией, значит, понятие длины (а поскольку мы говорим о физике, то не только понятие длины, но и понятие промежутка времени) принадлежит к основным физическим понятиям, не подлежащим определению. Но так как речь идет о физике, то пользование понятиями длины и длительности предполагает представление об идеальных эталонах и возможность указания процедуры, которая позволяет сколь угодно близко подойти к реализации таких эталонов. И должны существовать реальные прототипы этих эталонов. В современной физике такими прототипами служат, с одной стороны, кристаллы, а с другой – атомные колебания. Законы физики позволяют ввести также вторичные эталоны длины и длительности, связанные посредством этих законов с упомянутыми – первичными – эталонами. Но теперь представьте себе ситуацию, которая создавалась в Метагалактике в прошлом, когда плотность была чудовищная и когда принципиально – не только практически, но принципиально – не могли существовать объекты, служащие прототипами идеальных эталонов длины и длительности. А при упомянутой выше критической плотности исчезает возможность пользования и вторичными эталонами, поскольку все известные нам физические теории теряют силу. Ясно, что описание таких состояний должно быть дано физической теорией, которая не пользуется понятиями

ми длины и длительности, поскольку при этих состояниях, вероятно, бессмысленно говорить о длинах и промежутках времени. Мы часто слышим заявления, что в глубоком микромире пространственно-временная картина должна быть оставлена, и тут же делается заверение, что не буквально оставлена, но что нужно лишь отказаться от каких-то представлений о свойствах пространства и времени, к которым мы привыкли. По-видимому, первое представление, от которого придется отказаться, это – представление о метричности пространства и времени в глубоком микромире и при очень высокой плотности.

Когда у нас есть определенные типы эталонов для пространственной длины и для промежутка времени, мы знаем, что такое длина, длительность и соответствующая им пространственно-временная метрика. Тогда, изучая природу, мы устанавливаем геометрию и физические законы, которыми и пользуемся. Но представьте себе, что мы вводим какие-то другие понятия и эталоны длины и длительности; тогда геометрия пространства-времени изменится. Но вместе с тем изменится и формулировка физических законов.

Таким образом, существует соотносительность между принятой геометрией (причем выбор геометрии связан с выбором основных эталонов) и соответствующей формулировкой законов физики. Вводить эту идею в современную физику нет необходимости, это привело бы только к усложнениям, потому что у нас фактически есть один тип эталонов длины и один тип эталонов длительности. Но когда мы переходим к условиям, при которых таких эталонов или вообще нет, или они есть, но это – другие эталоны, – тогда эта идея становится законной.

Из всех прогнозов самый верный состоит в том, что ни один прогноз не окажется верным.

И все же можно предположить, что будущая физическая теория будет аметрической или полиметрической, поскольку она будет допускать множество различных типов метрик, и тогда на будущем этапе развития физики на смену идей относительности явится идея соотносительности.

В связи с вопросом о том, может ли завершиться развитие физики и не противоречит ли эта возможность идее бесконечного многообразия природы, я хотел бы спросить: что означает завершение развития физики? И в каком смысле следует понимать бесконечное многообразие природы? По-видимому, тенденция развития физики такова, что мы переходим ко все более общим физическим принципам, причем количество этих принципов не растет, а уменьшается. Не исключено, что со временем, может быть в той будущей теории, которая будет аметрической или полиметрической и в которой наиболее общие уравнения не будут дифференциальными, а космологическая модель будет единственной, возможно, что в этой теории будут сформулированы какие-то общие физические принципы, которые будут содержать в себе физику, через нее химию и т. д.

Это не означает возможности сведения биологии к химии, а химии к физике и даже возможности вывода биологии из химии и химии из физики.

Я не буду подробно об этом говорить, но известен пример, когда пытались рассчитать свойства вещества, состоящего из двухатомных молекул, на основе квантовой механики, и это удалось при помощи счетных машин. Но когда хотели произвести такой же расчет для вещества, состоящего из трехатомных молекул, то оказалось, что для этого нужно занять все счетные машины мира, причем на срок столь длительный, что расчет оказался невыполнимым.

Таким образом, вы можете легко себе представить, что основные принципы могут содержать в себе абсолютно все, но практическая невозможность вывода из этих принципов многих закономерностей, которые мы сравнительно легко познаем из эксперимента, превращается в принципиальную невозможность.

Таким образом, предположение, согласно которому общее количество основных принципов может быть очень невелико, ни в какой мере не противоречит идее бесконечного многообразия природы и идее, согласно которой вообще мы не можем вывести из этих принципов закономерности химии, биологии, хотя все закономерности мира могут в этих принципах содержаться.

НАШИ АВТОРЫ

БЕЛИНСКИЙ Александр Витальевич – доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник кафедры компьютерных методов физики физического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

БЕРГМАН Петер Г. (Bergmann P.G.) (1915–2002) – немецко-американский физик.

БУЛЫЖЕНКОВ Игорь Эдмундович – кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, доцент кафедры «Проблемы квантовой физики» Московского физико-технического института.

БУРЛАНКОВ Дмитрий Евгеньевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационных технологий в физических исследованиях физического факультета Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского.

ВЕКШЕНОВ Сергей Александрович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией Российской Академии Образования.

ВЛАДИМИРОВ Юрий Сергеевич – доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической физики физического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, профессор Института гравитации и космологии РУДН, академик РАЕН.

ЗАХАРОВ Валерий Дмитриевич – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ).

ЗЕЛЬМАНОВ Абрам Леонидович (1913–1987) – доктор физико-математических наук, специалист по релятивистской космологии и общей теории относительности Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга физического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

МИЦКЕВИЧ Николай Всеволодович – доктор физико-математических наук, профессор Гвадалахарского университета (Мексика), профессор Российского университета дружбы народов.

ПАНОВ Александр Дмитриевич – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института ядерной физики им. Д.В. Скобельцына (НИИЯФ) Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

СЕВАЛЬНИКОВ Андрей Юрьевич – доктор философских наук, профессор кафедры логики Московского государственного лингвистического университета.

СИПАРОВ Сергей Викторович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики Санкт-Петербургского Государственного университета гражданской авиации.

ЭЛИОВИЧ Александр Александрович – кандидат физико-математических наук, лауреат премии Президента Российской Федерации в области образования.

МЕТАФИЗИКА

Российский университет
дружбы народов

Научный журнал

2011, № 2

Редактор *И.Л. Панкратова*
Технический редактор *Т.В. Анисимова*
Компьютерная верстка *Н.В. Малаховская, Н.А. Ясько*

Подписано в печать 13.12.2011 г. Формат 60×84/8.
Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 20,93. Тираж 500 экз. Заказ 1508.

Российский университет дружбы народов
115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3

Типография РУДН
115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3, тел. 952-04-41