

Атомизм / атомистический подход в физике и математике и культурный контекст. Материалы “круглого стола”¹

На “круглом столе”, проведенном в Институте философии РАН 18 июня 2014 г., исследовалось соотношение атомистического и континуалистского подходов в современном научном и философском дискурсе о квантовой физике. Участники обсудили возможность соединения гуманитарного и физического подходов через введение метафор для выявления связи между математической точкой и физическим атомом (модели часов и линейек рассматривались как порождающие образы для построения физических пространства и времени – В.В. Аристов), через понятие о слабых связях, позволяющее перенести развитые в физике идеи в гуманитарную сферу (Л.И. Маневич). Гейзенберговский подход к квантовой механике объяснялся как введение двумодусной онтологической схемы – бытия в возможности и бытия актуального (А.Ю. Севальников). Платоновский атомизм сопоставлялся со структурным реализмом (Е.А. Мамчур), а язык квантово-полевых диаграмм Р. Фейнмана – с порождающими грамматиками Н. Хомского (В.Г. Буданов). Была предпринята попытка исследовать концепции дискретности и континуальности в категориях теории сложности (В.И. Аршинов). Современная квантовая физика была представлена как наследница “линии Аристотеля” в противоположность “линии Платона” и “линии Демокрита” (А.И. Липкин). Затронуты проблемы исследования “культурных следов” или культурных смыслов в языке физики при его ассимиляции в других культурах (на примере китайской – М.В. Рубец), содержание понятий “дискретного” и “континуального” в современном атомизме (Ю.И. Манин) и значение “геометрического подхода” в физике XX в. (В.П. Визгин).

At the round table (June, 18. 2014, Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences), the modern discourse on quantum physics – scientific and philosophical – was investigated in terms of atomistic as well as continuistic approaches. Participants discussed possibilities of connecting humanities and physical science through (1) the introduction of metaphors which may help to identify the relationship between mathematical point and physical atom (watches and rulers were seen as generating images for the construction of physical space and time – V.V. Arisov), as well as (2) through the concept of weak connections allowing the transfer to the humanities of ideas initially developed in the context of physics (L.I. Manevich). Heisenberg’s approach to quantum mechanics was interpreted as a two-modes ontological scheme containing (1) being as possibility and (2) being as actuality (A.Yu. Sevalnikov). Plato’s atomism was compared to structural realism (E.A. Mamchur), and R. Feynman’s language of quantum-field diagrams –

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФНФ, проект № 13-03-00547 – “Атомизм и мировая культура”. The project is supported by RFN, grant No 13-03-00547, “Atomism and World Culture”.

© В.Г. Лысенко (составление, редактирование), М.В. Рубец (расшифровка), 2015 г.

to N. Chomsky's generative grammar (V.G. Budanov). An attempt was made to explore the concept of discontinuity and continuity in terms of complexity theory (V.I. Arshinov). Modern quantum physics is presented as the successor of the "Aristotle's line" as opposed to "Plato's line" and "Democritus' line" (A.I. Lipkin). Round table participants also tackled some issues concerning (1) the assimilation of Western language of physics into other cultures (for example, that of modern China – M.V. Rubets), (2) the concepts of "discontinuity" and "continuity" in modern atomism (Yu.I. Manin) and (3) as well as the validity of the geometrical approach in XXth century physics (V.P. Vizgin).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: атом, точка, квантовая физика, атомизм, дискретность, непрерывность, В. Гейзенберг, теория сложности, слабые связи, структурный реализм, порождающая грамматика, Н. Хомский.

KEY WORDS: atom, point, quantum physics, atomism, discontinuity, continuity, W. Heisenberg, complexity theory, weak connections, structural realism, generative grammar, N. Chomsky.

Участники:

Аристов Владимир Владимирович – доктор физико-математических наук, зав. сектором Вычислительного центра им. А.А. Дородницына РАН, профессор кафедры высшей математики МИРЭА, профессор кафедры интеллектуальных систем Московского физико-технического института.

Аршинов Владимир Иванович – доктор философских наук, главный научный сотрудник Института философии РАН.

Буданов Владимир Григорьевич – доктор философских наук, ведущий научный сотрудник Института философии РАН, профессор философского факультета МГУ, профессор кафедры организации социальных систем и антикризисного управления РАНХиГС при Президенте РФ.

Визгин Владимир Павлович – доктор физико-математических наук, заведующий сектором истории физики и механики Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН.

Герасимова Ирина Алексеевна – доктор философских наук, главный научный сотрудник Института философии РАН, профессор кафедры философии Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина.

Липкин Аркадий Исаакович – доктор философских наук, профессор Московского физико-технического института.

Лысенко Виктория Георгиевна – доктор философских наук, заведующая сектором восточных философий Института философии РАН, профессор Русской антропологической школы РГГУ.

Мамчур Елена Аркадьевна – доктор философских наук, главный научный сотрудник Института философии РАН.

Маневич Леонид Исакович – доктор технических наук, заведующий лабораторией физики и механики полимеров ИХФ РАН, профессор Московского физико-технического института.

Манин Юрий Иванович – член-корреспондент РАН, заслуженный профессор Института Макса Планка в Бонне.

Рубец Мария Владимировна – младший научный сотрудник Института философии РАН.

Севальников Андрей Юрьевич – доктор философских наук, заведующий сектором философских проблем естествознания ИФ РАН, профессор кафедры логики МГУ.

Aristov Vladimir – DSc in Physics and Mathematics, Professor, Head of Subdivision, A. Dorodnicyn Computing Centre of Russian Academy of Sciences.

Arshinov Vladimir – DSc in Philosophy, Chief Research Fellow, Institute of Philosophy, Russian Academy of Science.

Budanov Vladimir – DSc in Philosophy, Leading Research Fellow, Institute of Philosophy, Russian Academy of Science.

Gerasimova Irina – DSc in Philosophy, Chief Research Fellow, Institute of Philosophy, Russian Academy of Science, Professor, Department of Philosophy, Gubkin Russian State University of Oil and Gas.

Lipkin Arkadii – DSc. in Philosophy, Professor, Moscow Institute of Physics and Technology (State University).

Lysenko Victoria – DSc in Philosophy, Head of the Department of Oriental Philosophies, Institute of Philosophy, Russian Academy of Science, Professor, Russian Anthropological School, Russian State University for Humanities.

Mamchur Elena – DSc in Philosophy, Professor, Main Research Fellow, Institute of Philosophy, Russian Academy of Science.

Manevich Leonid – DSc in Technic Sciences, Head of the Laboratory of Polymer Physics and Mechanics, Professor, Moscow Institute of Physics and Technology (State University).

Manin Yurii – Corresponding Member of Russian Academy of Science, Professor Emeritus at the Max-Planck-Institut für Mathematik in Bonn.

Rubets Maria – Junior Research Fellow, Department of Oriental Philosophies, Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences.

Sevalnikov Andrei – DSc in Philosophy, Head of the IPhRAS Department of Philosophical Problems in Natural Science, Professor, Moscow State Linguistic University.

Vizgin Vladimir – DSc in Physics and Mathematics, Head of the Department for the History Physics and Mechanics, S.I.Vavilov Institute for the History of Science and Technology, Russian Academy of Sciences.

В.Г. Лысенко: Уважаемые коллеги, приветствую вас на втором “круглом столе” по проекту “Атомизм и мировая культура”². Предлагаю обсудить следующие вопросы:

1) Соотношение атомистического и континуалистского подходов в научном атомизме (А3); взаимодополнительность атомизма и континуализма в истории физики и математики;

2) Влияние интеллектуальных проблем, обсуждаемых в культурных дискурсах, на становление научных идей, связанных с атомистическим и континуалистским подходами;

3) Исследование “культурных следов” или культурных смыслов в языке физики и математики.

Больше всего не хотелось бы, чтобы наша дискуссия превратилась в спор физиков и математиков об их “внутренних” профессиональных проблемах. Мы должны сделать попытку подняться на более высокий уровень рефлексии. Но как обозначить этот уровень? Это не просто философские проблемы естествознания или философские проблемы математики, а некое новое пространство/поле (континуальное) междисциплинарного дискурса, которое мы здесь – дискретными усилиями – совместно создаем (вот вам и сочетание дискретного и континуального!). Я условно определила бы его как поле рефлексии принципов научного мышления с точки зрения их культурного и прежде всего языкового контекста – языка, который не просто выражает и отражает, но и – до определенной степени – формирует наше мышление. И таким образом мы продолжим нашу попытку понять современное знание, в данном случае, современную физическую и отчасти математическую мысль, в свете ее связи с языком и теми объяснительными моделями, которыми он ее снабжает. Язык выступает как инструмент, но инструмент не нейтральный, а задающий форму и даже – в значительной степени – содержание мысли.

Позвольте поделиться моими абсолютно дилетантскими интуициями относительно сегодняшней физики элементарных частиц. Разумеется, я могу судить только весьма поверхностно (но, строго говоря, в данном случае это и требуется), опираясь на популяризаторскую литературу. Если раньше речь шла об элементарных частицах материи, то сейчас

² Первый “круглый стол” состоялся 16 июня 2013 г. в Институте философии РАН. См.: [Атомизм 2014].

развиваются представления о неких минимумах не только вещества, но и свойства, действия, функции, отношения: каждая их разновидность – минимум в какой-то своей категории (напоминает теорию дхарм в буддизме). А категории эти чрезвычайно разнообразны. Категории величины, спина и их взаимодействие, подразделяются далее на подкатегории, те, в свою очередь, – на свои разновидности и так далее. Выделяются частицы составные и несоставные. Симптоматично, что для последних вводится специальный термин “фундаментальные частицы”, поскольку, строго говоря, “элементарные частицы” уже перестали быть “элементарными” – простыми и неделимыми. неделимость тоже понимается по-разному, например, протон, нейтрон и т.д., хотя они и имеют сложную внутреннюю структуру, невозможно разделить на части по причине эффекта *конфайнмента*. Все это свидетельствует о том, что в физике продолжает действовать фундаментальная установка на поиски “атомов”, хотя сами “атомы” неузнаваемо изменились. Даже когда определяют некие континуальности, то в них тоже ищут нечто дискретно-элементарное, например, гравитон в гравитации. На сегодняшний день основной эвристический механизм естественнонаучного мышления – в самых общих терминах – сводится к выявлению дискретности и континуальности и установлению структуры их взаимоотношений. Эта, можно сказать, фундаментальная ячейка научного мышления, на мой взгляд, является экземплификацией механизма мышления индоевропейского, который требует сначала дифференциации и редукции к уровню первопринципов, единиц (сравните: деление потока речи на элементарные единицы) некоего первичного хаоса (метафора непознанного), а далее – конструкции из этих единиц целого и установление принципов континуальности. Но если брать первичную познавательную интенцию – познать непознанное, то атомистический подход является, как мне представляется, более важным и фундаментальным эвристическим инструментом.

Я бы сравнила современную физику элементарных частиц с алфавитом – каждому явлению определяется свой знак, своя буква. На прошлом “круглом столе” мы говорили об алфавитном принципе. Набор элементарных частиц – это тоже некий алфавит. Книга природы, как говорили, написана на языке математики. Я бы сформулировала иначе: “Книга природы написана на языке”, и мы с вами ее читаем – каждый на своем языке (математики – на языке математики, биологи – на языке биологии, физики – на языке физики и т.п.). Она наполняется нашими собственными знаками, и поэтому мы сумеем *прочитать в ней лишь то, что сами вписали*. Можно ли выяснить, почему мы это пишем так, а не иначе? Какой праязык, праструктура, лежит в основании наших разных языков? Вот в чем вопрос вопросов!

Очень рада, что среди нас присутствует видный российский нейрофизиолог К.В. Анохин. В своем докладе в нашем Институте [Анохин web] он говорил о когнитоме и коге, где *ког* – это “единица качественно специфического опыта” (идеально подходит для определения дхармы в буддийской теории психических процессов – абхидхарме, определение буддийского философа Васубандху: дхарма – носитель собственного признака) ментальный квант в совокупной системе когнитомы – “системе субъективного опыта, сформированной у организма в процессе эволюции, развития и индивидуального познания <...> архитектуре разума”. Мы видим, что и в этой сравнительно молодой и динамично развивающейся области научного знания сегодня тоже идет активный поиск-конструирование “атома”. Это ярко свидетельствует о фундаментальной эвристической значимости атомистического подхода в современном научном дискурсе.

Призываю всех участников нашего “круглого стола” набраться смелости и попытаться (может быть, с риском для научной строгости в пределах своей дисциплины, с риском, может быть, даже для своей репутации) выйти на новый уровень рефлексии.

Хочу предоставить слово человеку, который действительно находится в радикально “междисциплинарном” поле: между физикой и лирикой, между строгой наукой и поэзией – Владимиру Аристову – для оглашения его смелых тезисов.

В.В. Аристов: Проблема, которую я обозначил как “атом и точка”, помогает связать чувственное физическое и абстрактное математическое знание. Мы находимся на той

границы, где совершается переход от абстракции к инструментальности. В частности, это касается важнейшего вопроса о построении пространства и времени. Речь идет о создании теоретических моделей в той области, где всегда принимается некоторое априорное знание об этих фундаментальных структурах бытия. Но создавая теоретические модели, мы конструируем новые приборы, с помощью которых реализуются свойства пространства и времени, – часы и линейки. Гипотетически, мы могли бы создать новые фундаментальные приборы, часы и линейки, которые задают иные соотношения, по сравнению с классическими, между пространством, временем и распределением элементов в мире. Это означает, что и математически выраженные закономерности могут быть иными. Это подразумевает и проникновение инструментов в мир, который представлялся управляемым замечательными, но отвлеченными закономерностями. Учитывая общую тематику проекта (и слова В.Г. Лысенко о фундаментальном значении “инструментальности” языка, в свете которых указанные фундаментальные приборы можно считать неким “инструментальным языком”, с помощью которого познается физический мир), допустимо предположить, что уравнения движения становятся в принципе конструируемыми. В согласии с такими представлениями я кратко изложу основные положения своего *реляционно-статистического* подхода к описанию пространства-времени. А.Ю. Севальников будет рассказывать об иной версии реляционно-статистического подхода – о версии Ю.С. Владимирова, который как раз проводит рассмотрение на уровне элементарных частиц. У меня все ограничивается пока уровнем атомарности (имеется виду масштаб физических атомов), но этого достаточно, чтобы показать, что здесь проявляются и квантовые эффекты. Гравитационные эффекты тоже могут быть описаны в рамках такой реляционно-статистической концепции.

Она подводит нас к понятию атомизма в его соотношении с чем-то абстрагированным, более формальным, математизированным, что, однако, самым тесным образом связано с физическим. Собственно в этом – в некоем отождествлении атомарности чувственной, физической и математической, отвлеченной – основной тезис моего выступления. В серии “Языки науки – языки искусства” выходила и моя работа [Аристов 2000], посвященная попытке рассмотреть физическое уравнение и метафору как нечто близкое, поскольку в уравнении связывается два чувственно на физическом уровне разнородных понятия, а в метафоре тоже сопоставляются кажущиеся совершенно различными образы, и тем не менее они соединяются в целостные образования. С такой точки зрения можно рассмотреть те новые соотношения, которые предложены в моей реляционной статистической концепции пространства-времени.

Первая фундаментальная метафора заключается в том, что мы можем попытаться сопоставить время, измеренное по часам, – некоторое приращение времени – и сумму пространственных перемещений всех элементов рассматриваемой системы. То есть сопоставить то, что физические часы показывают, интервал времени, и сумму перемещений в предельной системе – движение всех элементов в мире, всех атомов в мире. Почему так? Представление о том, что время может быть записано на языке пространственном, достаточно хорошо известно (так называемая специализация времени). В философских терминах ее развивает, например, В.И. Молчанов из РГГУ, и хотя эта идея известна, она все-таки недостаточно отчетливо формулировалась в физическом уравнении. Это уравнение, как я говорю, является и некоторой метафорой. То есть элементарное приращение времени dt , можно сказать, Лейбницев элемент, дифференциал (по сути дела, математическое выражение его монады), раскрывается в предельном выражении. Это означает, что теперь данное приращение сопоставляется с суммой всех (в этом смысл слова “предельное”) вкладов от перемещений элементов рассматриваемой системы, в частности, всех атомов вселенной. Такое суммарное, то есть осредненное перемещение репрезентируется в движении в обычных физических часах. С временем, измеряемым по часам, всегда связано некоторое движение (движение любой стрелки часов относительно циферблата – в самых современных системах это тоже есть), но движение определенное – непрерывное, осредненное. Такое осредненное “течение времени” может быть сопоставлено с суммой пространственных перемещений – осреднение сопоставимо с суммированием. Это означает, что приращение времени “приравнивается” (записывается как уравнение) к движению всех

элементов мира, то есть к пространственному описанию (перевод в обычные переменные производится с помощью соответствующей фундаментальной константы – скорости света в вакууме).

Вторая фундаментальная метафора заключается в том, что и расстояние, допустим, элементарная длина на прямой, может быть представлено как некоторая сумма. Но теперь – как сумма конфигураций масс, которые воплощает на уровне чувственного опыта измерительный прибор, линейка. Здесь, в линейке (обычно для нас это скрыто) – предельно однородная атомарная система. И это тоже, по сути дела, осреднение, хотя и другое, чем в случае модели часов. Оно реализуется через связь между расстоянием, измеряемым по линейке, и некоей симметризацией взаиморасположения масс системы, что может быть выражено соответствующей суммой по массам элементов системы. Замечу, что выстраивание атомов линейкой и сопоставление с изучаемым объектом задает такую последовательность атомов-точек, которую можно сравнить с алфавитными последовательностями данного проекта (понятно, что аналогия здесь использует только один, хотя и важный признак линейной последовательности: в алфавите все буквы разные, атомы же в идеальной линейке – нет). Это попытка выразить в точных терминах (через пространственные и временные переменные, но в новой связи между ними) опыт – даже исторический опыт – который был реализован в фундаментальных приборах (часах и линейках). Казалось бы, приборы не так уж важны, мы на них не обращаем внимания, и физические законы формулируются как бы отвлеченно от них, но они существенны – ведь именно в “построении” приборов скрыты метафоры-уравнения.

Две упомянутые метафоры, по сути дела, задают описание, можно сказать, уже безразмерное, поскольку у нас пространство оказывается связанным с массой, время – с пространством, и тем самым (так как у нас три независимые физические размерности) эти связи даны в безразмерном виде (можно их перевести в обычные уравнения, с традиционными физическими переменными: о связи времени и пространства говорилось ранее, единицы массы переводятся в привычные переменные расстояния с помощью соответствующих размерностных величин, выражающихся через комбинации фундаментальных констант).

Причем – и здесь мы подходим к связи атом – точка в модели пространства конфигураций масс – оказывается, что мы нашим прибором, состоящим из атомов, *принципиально не можем измерить расстояние, меньшее, чем один атом*. То есть если наш прибор действительно содержит это зерно (атом), то мы абстрагируемся от описания нашего пространства (что действительно реализуется на некоторой дискретной модели неевклидова пространства) и атома. “Дальше атома” мы пока не идем (можно пытаться вести описание и на более глубоком уровне). Здесь, на уровне макроскопическом хватает работы, чтобы все связать с существующей теорией и обнаружить некоторые новые закономерности. (Можно упомянуть слова В.Г. Лысенко о том, что в индийской философской школе вайшешика атом тождественен единице измерения, мере длины; см.: [Лысенко 2004].)

Скажем все же несколько слов о продлении пространства “за пределы атома”, в субатомные масштабы. Вообще говоря, если мы идем дальше – например, возьмем аннигиляцию, трансмутации элементов, в масштабах, в которых атом перестает быть неделимым, – то это глобальная связь элементарного. Свет – по сути дела, мир (что зафиксировано в слове русского языка: свет = мир), здесь связь глобальности в определенном смысле континуальная.

Надо заметить, что исторически дискретность, атомистичность, подводящая к квантовости, идет от кинетического подхода, который развивали Больцман и Максвелл, что потом прямо реализовалось в первых работах Планка. Планк занялся подсчетами комбинаций микросостояний для определения статистической энтропии для энергии излучения черного тела. В такой комбинаторной задаче надо было сделать решительный шаг: предположить, что энергия при заданной частоте излучения (как и атом) дискретна. То есть по сути дела это можно назвать принципом Больцмана – Планка (понятие “принцип Больцмана” уже существует) – это есть дискретный подход, который приводит к квантовой теории.

Второй подход – принцип Маха. Его можно даже назвать принципом Маха – Эйнштейна, я имею в виду такую общую философскую, натурфилософскую концепцию,

которая привела фактически к общей теории относительности. Эта теория, безусловно, континуальна, и в общем идея Эйнштейна о том, что можно описывать дискретность, атомистичность как проявления сингулярности исходных непрерывных уравнений, кажется в некотором смысле, хотя и фантастической, но гипотетически плодотворной.

Представляется, что в нынешних попытках (я понимаю, что это очень смелое утверждение, хотя оно и отражено в научных публикациях: [Аристов 1994; Аристов 1995; Аристов 1996; Аристов 2003; Аристов 2009; Аристов 2011]), эти принципы определенным образом соединяются, потому что подход Маха (обобщенный принцип Маха) настаивает на связи локального и глобального. То есть инерция – это есть проявление движения всех тел, “далеких звезд”, как он говорит, в мире. Он, по сути дела, записывает сумму для движущихся звезд, и на самом деле это тоже дискретность, поскольку здесь фигурирует сумма по отдельным телам вселенной. До атомарного уровня он не доходил, являясь, как известно, противником атомистической идеи, но в его описании дискретность, статистичность все же присутствовали.

В нашем варианте реляционно-статистического подхода, построения пространства-времени реализуется принцип Маха, поскольку у нас локальное и глобальное связываются. В частности, некоторые соотношения между мировыми константами микро- и макроуровня (так называемые космологические совпадения), которые являются в нынешней теории эмпирическими соотношениями, оказываются следствиями реляционного статистического подхода к описанию пространства-времени.

В предлагаемых связях размерные величины пространства, времени и массы становятся фактически безразмерными (перевод в физически привычные величины осуществляется с помощью соответствующих комбинаций фундаментальных констант). Что означает, по сути дела, некоторую связь между физическими и математическими постулатами. То есть сущность и чувственного, и отвлеченного, атома-точки, тоже проявляется – в этом образе. Сформулируем это так: имеются математические постулаты, а дальше производится “проекция” их в то, что мы называем физическими постулатами, с помощью определенных процедур, с помощью нашего опыта, с помощью наших фундаментальных приборов, связанных с измерением пространства и времени: часов и линеек.

В.И. Аршинов: Сказанное во вводном слове ведущей вполне резонирует с моей интенцией на проблемно-поисковый подход к проблеме континуального и дискретного как проблеме существенно междисциплинарной. Далее я хотел бы эскизно обрисовать возможность “погружения” этой проблемы в контекст того, что я называю (следуя Э. Морену) “парадигмой сложности” и сопряженным с ней “сложностным мышлением”. Или, быть может, точнее, но не совсем в стилистике норм русского языка. “мышлением в сложности”. Забегая вперед отмечу, что для меня “мышление в сложности” имеет ближайшим прототипом квантово-механическое мышление, возникшее в физике в 1920-х – 1930-х гг. и связанное в первую очередь с именами творцов квантовой механики: Н. Бора, В. Гейзенберга, В. Паули.

Но что такое “парадигма сложности”? Вместо строгого определения этого понятия, которое само по себе в рамках этой парадигмы дать невозможно (как, впрочем, и самого понятия парадигмы), я предоставлю слово самому Э. Морену. Вот что он по этому поводу пишет:

... Существуют две противоположные парадигмы, касающиеся отношения *человек–природа*. Первая парадигма включает человека в природу и всякое рассуждение, развернутое в ее рамках, превращает человека в природное существо и видит “человеческую природу”. Вторая парадигма исходит из разделения этих двух терминов и, определяя специфику человека, исключает идею природы. <...> Эти противоположные по своему смыслу парадигмы сходны в том, что они, по сути, разворачиваются в рамках некоторой более широкой парадигмы – парадигмы упрощения, которая перед лицом всей концептуальной сложности предписывает или редуцирует (человека к природному), или разделение (между человеком и природой). Обе эти парадигмы препятствуют пониманию *двойственного единства*

(природное – культурное, мозговое – психическое) человеческого бытия, а также мешают осознанию отношения одновременно причастности человека к природе и разделения человека и природы. Только *сложная парадигма* (курсив мой. – В.А.) **причастности/различия/соединения** (выделено мной. – В.А.) позволяет построить такую концепцию, *но она еще не вписана в научную культуру* (курсив мой. – В.А.) [Морен 2007, 29–30].

Здесь важно обратить внимание на то, что парадигма сложности ориентирована на конвергенцию, **различение/соединение в многообразии** разных типов знания. Речь идет об их качественно новом междисциплинарном и трансдисциплинарном взаимодействии. Особую важность в этом контексте приобретает вопрос о взаимодействии, о возможности эволюционной конвергенции естественнонаучного, технического и социогуманитарного типов знаний. Здесь мы различаем, следуя Мокиру, знания описывающие (знания “о том, что”) и знания предписывающие (знания “о том, как”) [Мокир 2012]. Другое необходимое различие – это различие (согласно М. Полани) знания неявного, личностного, принципиально неотделимого от субъекта/наблюдателя/участника процесса генерации знания, и знания эксплицитного, объективируемого и коммуницируемого [Полани 1985]. Ядром последнего являются междисциплинарные кластеры системно-кибернетических и синергетических понятий и нелинейных человекомерных моделей. “Система – окружающая среда” породила новый комплекс уже трансдисциплинарных вопросов “второго порядка”, так или иначе группирующихся вокруг центральной проблемы: проблемы сложности – сложности, и соответственно, систем ценностей в возникающем новом мире сложности. Здесь уместен вопрос: а как, собственно говоря, проблема дихотомии дискретности/континуальности осмысливается в контексте парадигмы сложности, коль скоро она туда погружена?

Вот здесь-то нам и могут пригодиться гносеологические уроки квантовой механики, особенно последних десятилетий ее развития, когда все более отчетливо стала осознаваться ее связь с “мышлением в сложности”. Ведь именно в квантовой механике в контексте парадокса корпускулярно-волнового дуализма естественнонаучное познание непосредственно столкнулось с проблемой взаимосвязи и взаимодополнительности двух столь разных, несоизмеримых, как сказали бы сейчас, способов кодирования, запоминания и трансляции человеческого опыта не только в плане его результатов, но и в самом процессе его становления. В контексте парадигмы сложности квантово-механические принципы соответствия, наблюдаемости, дополнительности, коммуникативности превращаются в интегральный принцип конструктивной рекурсивности, то есть соотносимости знания с самим собой, со своими разными, дискретно выделяемыми и взаимосвязанными фреймами. И тогда сложное знание – это знание нередуцируемое ни к одному из своих семиотических измерений, будь то дискретное или континуальное, но дополнительным образом предполагающее и то и другое. Знание – это прежде всего сложная инновационная среда, сотканная из различий и квантоподобных сцеплений (entanglement). Эта среда может быть представлена как континуальность, что-то вроде Holomovement Дэвида Бома, наделенная возможностью порождать во взаимодействии со своим иным – например, человеческим (или космическим) сознанием – новые дискретно кодируемые эмерджентные качества.

О связи парадигмы сложности и квантовой механики хотелось бы добавить еще следующее. Традиционно введение в квантовую механику предваряют описанием эксперимента с двумя щелями, который иллюстрирует в самом что ни на есть парадоксальном виде феномен корпускулярно-волнового дуализма. Однако, начиная со второй половины прошлого века, после работы Дж. Белла о невозможности существования локальных скрытых параметров в квантово-механическом описании, стало формироваться новое понимание квантовой механики, ориентированное на использовании ее представлений для создания квантовых компьютеров, защищенных информационных каналов связи

Самое главное, чтобы не застревать на деталях: именно теорема Белла сделала наблюдаемыми так называемые entangled state, сцепленные состояния. В данном случае очень важный момент состоит в том, что теорема Белла (неравенство Белла) дала экспериментальные основания для проверки, выявления этих сцепленных состояний. Я упомянул об

этом вот почему: существует очень большая литература, которая связана с применением и использованием квантового описания. Кстати, Бор говорил, что нет квантовой механики, есть квантовые описания, и недаром он там упоминал про принцип дополнительности, который для меня похож на принцип сложности. По крайней мере, это два примыкающих друг к другу языка, которые в своей совокупности, но при этом будучи различными, позволяют нам понять... (А что понять, здесь я поставлю многоточие.)

Именно благодаря теореме Белла неравенство Белла получило операциональный повод для выявления квантоподобных сложных эффектов в разных системах, в том числе и лингвистических. Пример – амстердамская группа исследователей под руководством Аэртс (Aerts); и у нас есть филологи, которые с этим работают. Они рассматривают концепты, слова и т.д. как квантовые сущности. Это очень интересный подход. В нем происходит своеобразная инверсия: они экспериментально показывают, что в лингвистических феноменах можно обнаружить аналоги квантоподобного нарушения неравенства Белла, то есть квантоподобную корреляцию между различными дискретными лингвистическими единицами, подобными тем, что обнаруживаются между пространственно удаленными квантовыми частицами. То есть существуют корреляции в языке, которые никоим образом не укладываются в стандартную вероятностную картину.

Еще раз подчеркну, что апелляция к квантовой механике в контексте парадигмы сложности (или мышления в сложности) никоим образом не должна рассматриваться как апелляция к редукционистскому подходу, будь это редукция к элементам, частям, дискретным единицам, или редукция к целостности, континуальности, непрерывности как к чему-то изначальному, первичному и фундаментальному. Дело в том, что описание этих сложных систем должно быть другим. Квантовая механика – это только первое приближение, и в данном случае я считаю, что волноподобное и частицеподобное поведение обнаруживается как собственное значение некоторого рекурсивного процесса, который разворачивается как дискретно-непрерывный. Я просто здесь набрасываю такую исследовательскую область, в которой надо, как мне кажется, рассматривать вот эти вопросы, эти дихотомии.

И последнее, о чем я хотел бы сказать: здесь очень остро стоит проблема наблюдения и наблюдателя. Я упомяну здесь о так называемой кибернетике второго порядка, центральной проблемой которой как раз и является проблема конституирования кибернетического наблюдателя, акцентирование внимания не на наблюдаемом, а на процессе наблюдения. Здесь с необходимостью формируется новый уровень рефлексии, который и предполагает то, что, собственно, называют не дуалистическим, небинарным мышлением. В этой связи я обращаю ваше внимание на работы становящегося все более популярным Спенсера Брауна, который в середине прошлого столетия придумал некую протологику и новую семиотическую систему для понимания проблемы единого – многого и проблемы действующего и различающего наблюдателя. Главный его тезис: “чтобы наблюдать, надо провести различие”. И это называется формой. Формой является единство различения и обеих сторон различенного. Но мы всегда обозначаем одну. Здесь чувствуются отголоски принципа дополнительности. Наше внимание направлено на одну сторону различенного. Он рисует свой знаменитый уголок, по одну сторону различенного, а там, за границей находится unmarked space – необозначенное пространство. Но эта логика движения является переходом к так называемому дифференциалистскому мышлению. В нем можно различить много философий: философия дистинкции, дифферанс (французская философия). Их много критикуют за то, что в различениях теряется единое и т.д. – это не так. Это Спенсер-Брауновское обозначение было использовано Ф. Варелой для построения аутопоэтических моделей – систем, которые сами себя воспроизводят. Становление этого дифференциалистского мышления мне кажется чрезвычайно важным для понимания проблемы атомизма и континуализма, а также механизмов становления, возникновения так называемого безмасштабного, фрактального времени.

Здесь много областей креативного взаимодействия с сюжетами восточной философии, в том числе и с индийской философией, и с буддизмом, откуда черпали вдохновение не только Спенсер Браун, но и многие творцы квантовой механики – Н. Бор, Э. Шредингер, В. Паули.

И.А. Герасимова: Обратите внимание – понятие “сложно-стно-сти” в вашем выступлении коррелирует с понятием “целостности”. Один из смыслов “атома” в греческой традиции – целостность. Например, у того же Демокрита атом – это и вся Вселенная в целом. В одном из выступлений на научно-исследовательском семинаре логического центра Института философии РАН Н.Н. Непейвода, на мой взгляд, удачно выразился – “нераспакованный атом”. Как понятие “сложно-стно-сти” соотносится с этими нюансами атомистических представлений?

В.И. Аршинов: Почему “сложность” – здесь действительно оттенок целостности, но повторяю и подчеркиваю, чтобы отделить от просто “сложности” – потому что у нас “complexity theory” переводчики переводят просто как “комплексность”, что вообще очень сильно затрудняет понимание. Это первое. Второе. Сложность предполагает процесс, процессуальное мышление. Как писал Пригожин, наше мышление испытывает трансформацию в сторону плюрализма, темпоральности и сложности. Это три соединенные вещи, это процесс. И сразу по поводу наблюдателя: да, наблюдатель в сложности совершенно необходим, потому что (я не подчеркнул этот момент) – сложное контекстуально. И вся проблема сейчас – это как сшить контексты во времени. То есть в принципе квантовая механика контекстуальна (принцип дополнительности). Ее специфика – там нет универсального. Рет Уиллер описывал модель, это отдельный разговор. Она контекстуальна, и наблюдатель совершенно необходим для коммуникации. Мы сейчас живем в обществе, в котором крутятся огромные массивы внеконтекстной информации, и мы вообще перестали что-либо понимать. Контексты, контексты – это необходимое условие коммуникации. Контекст определяется наблюдателем. Он не существует независимо от нас. Дело не в том, что контекст упрощает. Каждое сказанное слово что-то упрощает. И работает наблюдатель действительно на означенной стороне Спенсер-Брауновского различения. Вся эта ситуация неравновесна и находится на градиенте-перепаде. Вокруг нас потенциальная, я подчеркиваю, сложность непроявленная: это такое мировидение. А внутри действительно наблюдатель. Совершенно верно, что наблюдатель в этом смысле связан с упрощением. Но не более.

А.Ю. Севальников: Готовя это выступление, я понял, что сталкиваюсь с некоторыми сложностями. Первая сложность объективная, связанная с тем, что планировалось выступление Юрия Сергеевича Владимирова, у которого дано оригинальное решение проблемы атомизма и континуализма. Но, к сожалению, он болен и не может выступить.

Вторая сложность связана с тем, что разговор об атомизме – это разговор о квантовой механике. А все, что связано с квантовой механикой, связано, как мне представляется, с метафизикой. Метафизические же споры будут продолжаться, пока будет существовать человечество.

Начну с того, что сложность метафизического подхода, как я его вижу, состоит в том, что современная европейская культура, уже где-то около пяти веков назад отказалась от некоторых ключевых принципиальных подходов к описанию реальности. Истоки такого положения дел, и здесь я соглашусь с Хайдеггером, восходят как раз ко времени противостояния атомистов и элеатов. Парменид предпринимает некоторый шаг в метафизике, которому последует вся новоевропейская метафизика и который впоследствии приведет к определенному результату – Хайдеггер называл это забвением бытия и забвением сущего.

Поворотным пунктом явились, на мой взгляд, эпоха итальянского Возрождения и Реформация. Как хорошо известно, это время характеризуется радикальным переосмыслением средневекового наследия, схоластической философии и прежде всего аристотелизма. Общий тон эпохи задается платонизмом, по отношению к которому аристотелизм выступает как антитеза. Аристотелизм в это время еще не сходит со сцены, что произойдет несколько позднее, но в значительной степени переосмысливается. В эту же эпоху начинает проявляться особый интерес к *непосредственному опыту*, причем настолько сильный, что последователей Стагирита можно определить как “эмпириков”. Показательна в этом смысле позиция Пьетро Помпонаци (1462–1525), который был наиболее известным ари-

стотеликом. В трактате “Книга о причинах естественных действий, или О волшебстве”, в которой рассматривается проблема влияния сверхъестественных причин на естественные явления, Помпонацци показывает, как все события без исключения “могут быть объяснены естественными началами, включая все происходящее в истории людей” [Реале, Антисери 2004, 60]. Именно из-за формулировки этого “естественного начала”, историки философии стали утверждать, что Помпонацци “преподнес нечто новое и намного обогнал свое время” [Там же]. Интересно, что, несмотря на разницу в изначальных подходах, сходное отношение к *материальному* обнаруживается и у антагонистов аристотеликов. Так Франческо Патрици (1529–1597), которого можно назвать герметическим философом, критикует аристотелевское учение о форме-материи. Как известно, в аристотелевском учении материя, обладающая только бытием потенциальным, приобретает бытие актуальное только благодаря субстанциальным формам, являющимся сущностью вещи. Именно против этой теории субстанциальных форм, без которых материя фактически не может существовать, но которые могут существовать без какой-либо материи, и выступает Патрици. Он критикует эйдетический подход, критикует понятия о скрытых сущностях, формы, эйдосы, о которых говорили и Платон, и Аристотель, и вообще говоря, вся последующая философия. Впоследствии это нашло завершение у Декарта, который также подвергает критике скрытые сущности, что, в конце концов, сформировало новоевропейскую парадигму.

Современная наука в лице квантовой механики, на мой взгляд, начинает утверждать нечто иное. Одно из оригинальных изложений квантовой механики дал Р. Фейнман. В своих знаменитых лекциях он говорит, что из философии он выбросил бы всех древних греков, а оставил бы одних только атомистов. И параллельно с этим утверждает, что существует только один мир – квантовый. Я бы с этим не согласился, как не согласился бы с этим утверждением и Бор, и Гейзенберг, и Ландау. Квантовая механика начиналась с того, что начала вводить понятия наблюдаемого и ненаблюдаемого. С этого началась квантовая механика Гейзенберга, это являлось ключевым понятием в одном из первых курсов квантовой теории у Дирака. Квантовая механика четко определяет, что, как и при каких условиях может быть наблюдаемой величиной, а что нет. Например, траектория электрона в атоме не является наблюдаемой величиной.

Вот из этого и исходит “бинарная геометрофизика” Владимиров: существует не один мир, а два мира. Мир наблюдаемый – этот наш пространственно-временной континуум, где мы сейчас с вами находимся, эта комната, где мы с вами сидим, но при этом существует и нечто иное, то, что этот наблюдаемый мир конституирует и определяет. В качестве первоначала в бинарной геометрофизике выступают некоторые первоэлементы, как раз то, что и является центром дискуссии этого “круглого стола”. Вводятся некоторые первичные сущности, причем эти сущности – первочастицы. В.Г. Лысенко говорила об элементарных частицах. Бинарная геометрофизика и вводит эти самые, в прямом смысле, элементарные частицы. Они дальше не разложимы. Они ни гомогенны, ни гетерогенны, более того, мы не можем о них ничего высказать. Они принципиально ненаблюдаемы, так как находятся вне пространства и времени. Если перейти на язык метафор, эти первоэлементы – некоторые буквы, изначальные буквы алфавита, которые вступают друг с другом в диалог. В диалоге буквы складываются в слоги. “Диалог” в этой теории – не что иное, как переход из начального состояния в конечное, что составляет некое элементарное событие. В основе бинарной геометрофизики лежит понятие первичного перехода, события, которое и выделял Фейнман. С точки зрения математического формализма, здесь говорится о квантово-механических представлениях, об амплитудах или волнах вероятности. Элементарное событие – это и есть амплитуда вероятности, описывающая переход ненаблюдаемой частицы из некоторого первоначального состояния в конечное. Некий “первослог” бытия. Далее “слоги” бытия ткнут ткань наблюдаемого пространства-времени, наблюдаемого актуального сущего. В этом отношении бинарная геометрофизика – и этим она интересна для предмета нашего разговора с точки зрения физики и математики – четко отображает и воспроизводит некоторые положения традиционной метафизики.

Во-первых, явным образом высвечивается трансцендентализм этой теории. Базовые элементы в ней существуют вне пространства и времени, к их положению неприменимо

понятие “больше-меньше”, не существует пространства, где бы такое отношение можно было бы задать. Более того, они тождественны. Получается, что этот модус бытия, в некотором смысле, репрезентирует некое единое целое, с чем связан принцип фундаментальной симметрии, с которой и начинается разворачивание всей конструкции бинарной геометрофизики. Между микрообъектами, которые, повторим, оказываются по сути трансцендентными в этой теории, задается парное отношение – некоторое комплексное (вещественное) число u_{ia} . Постулируется некий алгебраический закон, связывающий все эти возможные отношения:

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

Это и есть принцип *фундаментальной симметрии*, состоящий в том, что данный закон действует и при замене отдельно взятого набора элементов на любые другие в соответствующих множествах. Фундаментальная симметрия позволяет записать функционально-дифференциальные уравнения, из них найти как вид самих парных отношений u_{ia} , так и саму функцию Φ . Этот закон играет ключевую роль в построении бинарной геометрофизики, и именно его можно отождествить с формальным принципом, или попросту формой, которая и придает материи качественную и количественную определенность. Элементы множества, описываемые этим законом, определены до пространства-времени, то есть трансцендентны по отношению к обычной реальности. Принцип *фундаментальной симметрии* говорит о том, что множество остается себестождественным при всех перестановках его элементов. Учитывая довременной характер самого множества, можно попытаться отождествить закон Φ с вечной и неизменной *формой*, придающей материи (частицам) определенность.

Первое, что вытекает из математического формализма, – это понятие “спиноров”. Фактически они соответствуют понятию твисторов, исходя из которых, Пенроуз пытался построить свою твисторную программу. Р. Пенроуз является, собственно говоря, предшественником концепции бинарной геометрофизики. Аналогичная идея была уже у Уиллера, который вводил понятие “предгеометрии”, то есть того, что предопределяет, конституирует обычную геометрию, описывающую наблюдаемое пространство-время. В теории Пенроуза пространство-время явным образом лишается той первичной роли, которую оно всегда играло в рамках физической теории. Оно становится вторичной конструкцией, построенной из более первичных элементов, получивших название твисторов. По сути дела у Пенроуза твисторы – это микрообъекты, подчиняющиеся особенностям квантовой механики. Они описываются – и это является основополагающим – с помощью комплекснозначных чисел. Пенроуз показал, что можно ввести понятие евклидова пространства исходя из предела вероятности взаимодействия большой сети частиц, обменивающихся квантовыми спинами. При таком подходе евклидова структура возникает из вероятностных, комбинаторных правил, то есть пространство-время носит статистический, макроскопический характер. Пенроуз фактически одним из первых реализовал идеи, которые еще с середины XIX в. высказывались рядом известных математиков и физиков, в частности Б. Риманом, Д. ван Данцигом, Е. Циммерманом, П.К. Рашевским и др. Теория твисторов Пенроуза явилась первой реальной попыткой реализации такой программы. К успеху она не привела, что отмечает и сам Пенроуз. Эта теория носит абстрактный математический характер, в ней не прояснен физический характер смысла твисторов, и она предсказывает более сильную асимметрию пространства, нежели та, что наблюдается на самом деле.

Теория Владимирова получает ряд результатов, которые заставляют задуматься. Первое, что мы в ней получаем, – это спиноры, которые “ткнут” первичное, так называемое импульсное пространство, а оно уже определенным образом “ткет” наблюдаемое пространство-время, трехмерное пространство плюс одно временное измерение. Здесь возникает и свой подход к трактовке квантовых явлений, строится гармоничная теория взаимодействия, о которой у меня нет возможности говорить.

Очень интересна и важна возникающая модель атома, а если точнее, модель атома водорода. С точки зрения математического формализма воспроизводится модель атома Вл.А. Фока, мало известная физикам. Используя принцип симметрии, координатно-им-

пульсного представления квантовой механики, Фок переходит в четырехмерное импульсное представление, и у него возникают красивые уравнения, которые фактически решаются не на уровне дифференциальных уравнений, а на уровне алгебры. Очень просто и красиво. В свое время еще В. Паули обратил внимание на то, что в квантовой механике почему-то выделено импульсное пространство. С одной стороны, есть симметрия между импульсом и координатным пространством, что позволило в 1937 г. М. Борну сформулировать известный принцип взаимности. Этому принципу до сих пор не было дано никакого обоснования. В бинарной геометрофизике это удастся сделать. Утверждается, что импульсное пространство есть некий первичный слой, модус до пространства-времени, то, что его конституирует, воспроизводя вторичную, симметричную ему конструкцию на ином уровне сущего.

Вернусь к понятию атома. Атом создается из элементов, которые заданы в первичном, допространственном модусе бытия. Они существуют в том модусе бытия, для которого используется понятие “дальнодействие”, что часто вводит физиков в заблуждение и даже вызывает отторжение. У многих возникает неверное представление о том, что эта теория возвращает нас к каким-то доньютоновским или ньютоновским представлениям или ко временам Ампера. Если же разобраться, это не что иное, как хорошо известное квантовое нелокальное взаимодействие. И поскольку атомы создают элементы бытия до пространства-времени, где они *все одновременно* существуют и взаимодействуют, то он отображает, “чувствует” *всю структуру* Универсума. Здесь работает принцип Маха, о котором до меня говорил В. Аристов, правда, не в том смысле, как его формулировал сам Мах, а в том, что все отображается во всем.

В.Г. Лысенко: Гомеомерию можно вспомнить.

А.Ю. Севальников: Да, но я остановлюсь только на концепции времени. В этой теории возникает и оригинальная концепция времени. Раз пространство не первично, то время носит особый выделенный характер. Необходимо различать время наблюдаемое и ненаблюдаемое. Стрела времени рождается во время перехода из модуса потенциального бытия в актуальный. Это и есть “стрела времени”. А на уровне ненаблюдаемых сущностей, первоэлементов, хотя пространства нет, однако время при этом мы должны вводить. Но это не наше время, там нет стрелы времени. Это циклическое время – оно замкнуто само на себя, и в рамках его и описываются эти первичные переходы, “слоги” бытия, о которых я говорил.

И.А. Герасимова: У меня вопрос о терминологии. Актуальное, потенциальное, необходимое. Актуальное – понятно. Можно потенциальное сопоставить с трансцендентальным, а необходимое с трансцендентным (трансцендентное – то, что порождает, но за гранью всякого нашего понимания)?

А.Ю. Севальников: Актуальное, потенциальное, необходимое – это та самая триада, которую в европейскую метафизику ввел Аристотель. Платон, как известно, наследник сократовской линии, а Сократ говорил: меня не интересуют деревья и горы в лесу, меня интересуют люди в городе. Сократ первый, кто не говорил о физике. До него все о ней говорили. Платон тоже не строит физику, причем принципиальным образом, поскольку ему не удастся схватить движение в этой, как выражается П.П. Гайденко, дуальной схеме бытие – небытие. Решая эту дилемму, Аристотель вводит промежуточный член – потенциальное бытие. Это – начало движения, которое коренится в ином, или оно само есть иное. Вот это иное и есть, собственно, то самое “необходимое”. “Необходимое” – это то сущностное, трансцендентное, которое конституирует наблюдаемое, сущность, явленное. Причем его можно назвать таким запредельным, которое легко выбросить и оперировать парой потенциальное – актуальное. Если обратиться к неоплатонической традиции, она вводит радикально иную линию, которую наследует уже христианская метафизика: это апофатический уровень рассмотрения трансцендентного, того иного, необходимого, к чему понятия “пространство” и “время” неприменимы.

Эта триада схватывает, коррелирует и одновременно отображает и запредельное, трансцендентное, и актуальное. Там нет пространства, но время понимается особым образом. С одной стороны, нет течения времени, а с другой – время есть, но некое цикличе-

ское. И вроде бы нет движения, то есть этот модус бытия остается неподвижным (то, что описывается уровнем фундаментальной симметрии), но есть переходы. Это тоже очень похоже на то, о чем говорил Аристотель: то, что опосредует, является промежуточным между двумя модусами реальности.

Е.А. Мамчур: Я буду говорить об античном атомизме, поскольку именно эта концепция атомизма наиболее близка идеям современной физики. Существует две основные формы античного атомизма: субстанциальная, сформулированная Левкиппом и Демокритом (и развиваемая позднее Эпикуром и его последователями), и платоновская (математическая). В сочинениях Платона встречается понятие “неделимого”, что дало основание Аристотелю и некоторым другим философам античности и современности относить его учение о строении бытия к атомизму. Меня будет интересовать платоновский атомизм, поскольку именно платоновско-пифагорейский атомизм оказался больше всего соответствующим наиболее защищаемой в настоящее время форме реализма – так называемому *структурному реализму*.

По-видимому, первым, кто связал атомизм современной физики именно с математическим атомизмом Платона, а не с материалистическим атомизмом Демокрита, был один из основателей современной физики В. Гейзенберг. Он полагал, что современная физика, подлинными атомами которой являются элементарные частицы – электроны, протоны, нейтроны и т.д., – выступает против атомизма Демокрита, постулировавшего вечность и неразложимость атомов, и встает на сторону пифагорейско-платоновского атомизма. Элементарные частицы, в отличие от того, что называется в современной науке атомом и что обнаружило свою делимость и сложную структуру, действительно неделимы. Но при столкновениях с другими частицами (например, в современных ускорителях) они могут порождать большое число новых частиц. В отличие от атомов Демокрита элементарные частицы могут превращаться друг в друга. Так же ведут себя и атомы Платона. В концепции Платона подлинными атомами выступают правильные многогранники пифагорейцев – куб, октаэдр, тетраэдр, икосаэдр и додекаэдр. Но они-то как раз и являются делимыми.

Платон ассоциировал правильные тела пифагорейцев с элементами (стихиями) Эмпедокла – землей, воздухом, огнем, водой и пятой стихией, ответственной за существование Вселенной. В концепции Платона правильные многогранники конструируются из двух видов прямоугольных треугольников – равнобедренных и неравнобедренных. Соединяя треугольники, Платон получал грани правильных пифагорейских тел. В свою очередь многогранники можно разложить на треугольники, из которых можно получить другие правильные геометрические тела.

Казалось бы, естественным для Платона было считать атомами треугольники. Но треугольники не являются частицами материи, потому что у них нет пространственного протяжения. Чтобы получились частицы материи, треугольники должны объединиться в правильные многогранники. Так что атомы Платона не являются последними кирпичиками материи. Согласно Платону, в качестве таковых выступают математические формы.

А теперь обратимся к структурному реализму. Согласно этой версии реализма, онтологией современных физических теорий являются математические и теоретические структуры. В современной философии науки структурный реализм появился в связи с необходимостью решить проблему, суть которой в необходимости (для реалиста) рационально реконструировать процедуру смены теорий (theory-change), то есть найти объективные доводы, которые используют ученые, для выбора между старой и новой теорией (эта проблема в западной философии науки называется theory-choice). Дело в том, что попытка совершить такую реконструкцию наткнулась на трудность: в процессе смены теорий происходит замещение онтологии старой теории онтологией новой. (Подробнее см. в статье Е.А. Мамчур в настоящем номере, стр. 163) Согласно этой версии реализма, онтология научной теории – это те сущности, которые постулируются наиболее успешной теорией (то есть теорией, которая делает оправдывающиеся предсказания, а не только соответствует имеющимся в наличии эмпирическим данным). Именно эти сущности являются реальными и существуют в действительности.

Исследовав различные случаи смены теорий в истории науки, известный философ науки постпозитивистского толка Т. Кун пришел к выводу, что нет объективных доводов, на основании которых ученые смогли бы сделать выбор между теориями, разделенными научной революцией. И даже если существует несколько вполне разумных и работающих критериев (типа сравнительной простоты теории, точности сделанных на ее основе предсказаний и т.п.), все равно в процессе научной революции каждый ученый может толковать их по-разному, и результаты оценки конкурирующих теорий будут различаться между собой. На этом основании Кун объявил, что окончательное решение проблемы выбора теории возможно только при обращении к психологии научного сообщества: в процессе перехода от старой теории к новой происходит не сознательный отбор, а переключение гештальта – вместо вазы мы видим два повернутых друг к другу профиля, вместо утки кролика. Так что решение проблемы выбора теории, согласно Куну, лежит в сфере социальной психологии.

Однако, сторонники структурного реализма стремились решить эту проблему, оставаясь в рамках эпистемологии. Было показано, что в процессе смены теорий замещается не всё. Нечто сохраняется, и именно оно и позволяет говорить о преемственности в научном познании и даже о кумуляции знания. Происходит отказ только от субстанциалистской онтологии, сохраняются теоретические и математические структуры. (См. пример в статье Е.А. Мамчур, стр. 165 – переход от френелевской теории эфира к максвелловской теории электромагнитного поля.)

Существуют две версии этой концепции: эпистемическая и онтическая (см. подробнее там же). Но нас интересует то, что объединяет эти концепции: утверждение, что субстанциалистская онтология замещается. Сохраняются, а значит, реально существуют только математические и теоретические структуры. Даже не очень подготовленному читателю должна быть очевидна перекличка, параллелизм идей между античным атомизмом и современной физикой. Гейзенберг, естественно, не мог знать о концепции структурного реализма: в его время ее просто не существовало. Хотя сам Гейзенберг, не зная этого, *был* структурным реалистом. Точно так же не знали о работах Гейзенберга профессиональные философы науки, разработавшие концепцию структурного реализма. То, что сделал Гейзенберг, можно охарактеризовать так: впервые в столь ясной и четкой форме он ассоциировал идеи платоновско-пифагорейского атомизма с новейшими данными современной физики. Философия в лице структурных реалистов показала продуктивность концепции структурного реализма для философского исследования современного естественнонаучного знания и для решения одной из сложнейших проблем современной философии науки – установления механизмов преемственности научного знания. Оставалось соединить два остающихся не связанными конца – платоновско-пифагорейский атомизм и структурный реализм, что я и попыталась сделать. Это не значит, что я полностью разделяю идеи структурного реализма или нахожусь всецело на стороне Гейзенберга в его трактовке античного атомизма. Вопрос о сущности и природе атомизма, как и вопрос о том, какая форма атомизма является адекватной реальному положению дел в науке, для меня по-прежнему остаются открытыми. Тем не менее мне представляется: есть надежда, что концепция структурного реализма может оказаться тем недостающим звеном, которое поможет нам не только понять сущность платоновской версии античного атомизма, но и попытаться объяснить необычайную эффективность математики в естественных науках.

Реплика (А.С. Плахов, аспирант ИФ РАН): Верно ли я понял из Ваших слов, что в принципе Ваше недоверие к определенной современной онтологии, современному описанию микромира физического базируется на том, что в будущем возможно просто другое, обновленное описание?

Е.А. Мамчур: Оно базируется на том, что есть сейчас.

Л.И. Маневич: В свете того, что было сказано в нескольких выступлениях, и возможно, в связи с упомянутым структурным реализмом, мне хотелось бы конкретизировать, что стоит за доминированием атомистического (дискретного) и континуального подходов к описанию различных систем. По-видимому, здесь можно исходить из следующего ме-

танаучного принципа: адекватное понимание и описание той или иной системы, физической прежде всего, возможно только в том случае, если удастся выделить в этой системе некоторые независимые или почти независимые элементы. Отсюда немедленно вытекает, что в системе должны быть слабые связи, которые и позволяют такие элементы выделить. Математическое их описание требует введения соответствующих малых параметров, и это может быть далеко не простой задачей.

Очевидный пример: если мы имеем дело с газообразной средой, то независимыми или почти независимыми элементами являются сами атомы. Поэтому описание в терминах атомов является здесь вполне адекватным, на этом базируется вся теория газообразного состояния. Если же мы переходим к твердому телу, ситуация радикально меняется. Оно может состоять из тех же атомов, но теперь уже атомы не являются подходящими элементами для описания такой системы в силу их сильной связи.

И на смену атомистическому приходит волновой подход: в дискретной системе мы вводим коллективные возбуждения – нормальные волны, которые в акустике соответствуют чистым тонам, а в исходно-континуальной электромагнитной теории – чистым цветам. Почему эти волны являются адекватными, подходящими объектами? Именно потому, что в линейной теории они не взаимодействуют совершенно, а при наличии нелинейности взаимодействуют слабо. По существу, все успехи физики XIX в. и первой половины XX в. в том, что касается твердого тела, были основаны именно на этом факте, позволившем достичь глубокого понимания и получить эффективное описание соответствующих систем. В 1960-е гг. выяснилось, что представление об универсальной роли нормальных мод не является вполне правильным: в рамках континуальной модели были открыты локализованные волны – солитоны, которые можно рассматривать и как дискретные частицы... Чем же выделяются солитоны? Опять-таки слабым взаимодействием друг с другом. И это обеспечивает эффективность теорий, в которых солитоны используются. Оказалось, например, что солитонные модели, помимо гидродинамики, где они впервые появились, и физики твердого тела, могут оказаться весьма эффективными в теории плазмы, нелинейной оптике, теории атомного ядра. Почему появляются солитоны? Дело в том, что нормальные волны в нелинейных системах при некоторых условиях сильно взаимодействуют. Эти условия соответствуют внутреннему резонансу, когда их частоты близки. Резонанс может проявляться и в линейных системах, но даже нормальные моды с близкими собственными частотами не взаимодействуют. Однако близость частот приводит к эффекту когерентности, ярким проявлением которого является, например, феномен биений в системе двух слабо связанных осцилляторов или камертонов. И вот тут линейная теория может “ввести в заблуждение”. Ее математический формализм позволяет найти любые решения как линейные комбинации нормальных волн – базовых фундаментальных решений. Поэтому, она может “не замечать” специфику осцилляторов с близкими частотами. Отсюда, собственно, и возникает представление о всеисилии волнового подхода в классической физике твердого тела. Оказалось, что ситуация здесь сложнее. При наличии слабой нелинейности и внутреннего резонанса нормальные волны сильно взаимодействуют, и они уже не могут служить единственными базовыми элементами при построении теории, в которой должны быть учтены и солитоны. Но теория солитонов и в континуальном, и в дискретном случаях развивалась применительно к бесконечно протяженным моделям. Недавно было выяснено, что если перейти к моделям конечной протяженности, то обнаруживаются новые элементы, которые надо считать базовыми и которые позволяют эффективно описать целый ряд нестационарных резонансных процессов. Более того, проясняется и физическая природа солитонов в бесконечных моделях.

Оказывается, в системах конечной протяженности при описании резонансных нестационарных (то есть альтернативных стационарным, описываемым нормальными волнами) процессов надо говорить уже не о собственно частицах или нормальных волнах, а о кластерах частиц. Эти кластеры – группы частиц, которые могут обмениваться энергией, и при определенных условиях возможна локализация энергии в одном из них. Тем самым мы получаем в конечных моделях прототип солитонов, которые, строго говоря, проявляются лишь в моделях бесконечных. Эта идея оказалась плодотворной, она позволила

изучать нестационарные процессы, связанные с интенсивным энергообменом, переносом и локализацией энергии. Когда же мы имеем дело со стационарными процессами, по-прежнему нормальные волны являются адекватным средством их описания.

Таким образом, метанаучная идея находит явное подтверждение, и ключевое понятие здесь – слабая связь. Когда удастся выделить слабые связи между теми или иными элементами рассматриваемой системы, мы можем действительно изучать ее эффективно.

Интересный пример из квантовой механики. В последнее время впервые удалось экспериментально увидеть перераспределение электронной плотности в атомах водорода, криптона и в других атомах. Это удивительный результат, поскольку характерные времена, за которые происходят изменения электронной плотности, – 10^{-18} секунд, и сегодня нет приборов, которые позволяли бы увидеть атом в таких временных масштабах. Почему это удалось сделать? Электронная плотность распределена по-разному на различных энергетических уровнях атома. Авторы эксперимента сумели возбудить лишь два уровня с близкими энергиями, то есть остальные уровни не были заселены. В этом случае роль кластеров играют внутриаомные области с максимальной электронной плотностью, которые формируются в результате суперпозиции резонирующих энергетических уровней. Обмен энергией между кластерами происходит за времена порядка 10^{-16} секунд, и этот процесс удалось зафиксировать экспериментально. См: [Шао, Старэйс, 2010]. Здесь удалось создать ситуацию, когда суперпозиция двух уровней и определяет, по существу, что есть электрон в атоме при данных условиях. Если электрон вылетает из атома, он становится частицей (свободный электрон, слабо взаимодействующий с окружением).

Эта идеология находит интересное применение и в гуманитарной сфере. Будучи в Америке, я совершенно случайно увидел книгу будапештского биофизика под названием “Слабые связи” [Чермели 2009]. Там нет никакой математики, нет представлений о волнах, солитонах – ничего этого там нет. Но показано, что именно слабые связи между отдельными элементами обеспечивают стабилизацию сложных систем.

Я хотел бы закончить примером, приведенным в этой книге и относящимся к области социальных наук, социологии. Речь идет о кластеризации инноваций. Обязательное условие для дальнейшего развития новой идеи и ее восприятия обществом – кластеризация на начальном этапе. Новая идея должна вызреть в тех условиях, когда нет посторонних влияний. Если эти влияния есть, развитие инноваций неустойчиво, оно прерывается. По сути, именно такая кластеризация характерна для “кремниевой долины”. В подобной идеальной атмосфере возникают инновации, которые созревают в узком сообществе физиков и инженеров. И только при условии, что такие условия созданы, эти инновации далее могут получить развитие и признание в широком научном сообществе. Мы видим, что есть богатое поле приложения идей, которые получили первоначальное развитие в физике.

В.И. Аршинов: Ваше выступление, резонирует с моим, пока еще интуитивным, пониманием сложности как рекурсивного процесса, развертывающегося между тем, что по традиции принято называть частями, и тем, что в другой традиции принято называть целостностью. Для меня и то и другое возникает в одном процессе коэволюции. И в этом процессе как раз существенную роль играют так называемые слабые связи. Но поскольку этими самыми слабыми связями часто пренебрегают, то и сам процесс коэволюции ускользает от наблюдения. А именно в нем вся суть. Это аналогично тому как если бы мы пренебрегли феноменом сцепленности квантовых состояний (entanglement), утратив тем самым всю специфику квантово-механического мышления как мышления в сложности, в котором части и целое непрерывно соотносятся друг с другом, непрерывно сами себя конституируя...

Л.И. Маневич: Да, Вы привели хороший пример. Кстати, все это связано и с реализмом: здесь видно, что исходное понятие атома, имеет гораздо более широкое значение, и роль атома могут играть структурные элементы совершенно другой природы.

Е.А. Мамчур: Вы говорили о слабых связях в физике. Я поняла: солитоны и т.д. Все это очень интересно. А вам известны работы, которые примерно в 70-х гг. прошлого столетия разрабатывались в западной философии науки, даже лучше сказать – в науковедении?

Вместо модели “коллективного субъекта” и “невидимого колледжа” была введена модель “социального круга”. “Социальный круг” считали более адекватной формой общения ученых в процессе разработки ими той или иной проблемы. И тогда прозвучала интересная, на мой взгляд, мысль, что слабые связи между предлагаемыми идеями оказываются наиболее сильными. Чем дальше какая-нибудь идея отстоит от исследуемой проблематики, тем большее влияние она оказывает на разработку этой проблематики. “Социальный круг”, включающий в себя, в отличие от “невидимого колледжа”, не только ученых, имеющих непосредственное отношение к разрабатываемой проблематике, или представителей других научных дисциплин, но также представителей других областей интеллектуального освоения действительности, оказывается наиболее плодотворной формой общения участников обсуждения темы. Оказывается, наиболее удаленные от центра идеи, обсуждаемые в такого рода дискуссиях, значительно более плодотворны, чем те, которые имеют непосредственное отношение к центральной идее.

Л.И. Маневич: Да, это непосредственно связано с тем, о чем я говорил. Я пришел к этим идеям, к применению их, работая в физике. Это очень важная идея, но дело в том, что только сейчас, мне кажется, есть возможность не просто излагать ее чисто теоретически, но и применять на уровне моделей.

Е.А. Мамчур: На физическом уровне? Вы же сказали, что у вас не только физический уровень, но и гуманитарный. Я имею в виду гуманитарный.

Л.И. Маневич: В гуманитарной сфере тоже можно строить модели, которые оказываются полезными.

В.И. Аршинов: Как в Интернете...

Л.И. Маневич: Такие модели в большой степени связаны с весьма общей идеей синхронизации. И вот с этой точки зрения, как показала, например, теория катастроф, даже чисто математические результаты, к каковому в данном случае относится знаменитая теорема Уитни, могут получить множество приложений не только в естественных науках, но и при моделировании социальных процессов.

Е.А. Мамчур: Синхронизация или синхронистичность по Юнгу? У вас, все-таки, синхронизация, да?

Л.И. Маневич: Да, совершенно верно.

В.Г. Лысенко: Поскольку я все-таки “болею” за культурный контекст, я попросила М.В. Рубец подготовить сообщение о том, каким образом в китайской культуре, в китайской системе иероглифов ассимилируется современная физическая терминология.

М.В. Рубец: Мое сообщение посвящено принципам перевода названий элементарных частиц на китайский язык. Эта область современного физического знания была выбрана как наиболее молодая и не имеющая исторических аналогов в китайской культуре, а значит, и не имеющая здесь автохтонной терминологии. Все китайские термины, относящиеся к семантическому полю “физика элементарных частиц”, являются заимствованными, пришедшими в китайский язык благодаря переводу западной научной литературы.

По каким принципам осуществлялся этот перевод, есть ли что-либо общее между западными и китайскими научными терминами и обладают ли китайские термины какой-либо спецификой, привнесенной в них влиянием культурного фона заимствующей стороны, – вот те вопросы, которые я попытаюсь осветить.

1) *Формирование смыслоотражающих терминов.* Начнем с того, что переведенный на китайский язык термин “атом” (от греч. “неделимое”) или “ану” и “параману” (санскр. “очень малый” и “сверхмалый”) в результате довольно долгой эволюции [Кобзев 2011] приобрел здесь название *yūan zī*. Здесь *yūan* – это “исходная точка”, “первоначальный, исходный”, а *zī* – это “частица”. Таким образом, атом для китайца – это “изначальная частица” или “базовая частица”. Этот термин не является ни транскрипцией, ни калькой с какого-либо из указанных языков-источников. Это смыслоотражающий термин, составленный специально для обозначения определенного феномена.

Итак, можно выделить первый принцип перевода научных понятий – формирование смыслоотражающих терминов.

К этой категории можно также отнести такие термины, как брадион (от греч. “медленный”) – досветовая частица, тахион (от греч. “быстрый”) – сверхсветовая частица. Названия этих частиц в китайском языке точно отражают смыслы обозначаемых феноменов: yà guāng sù lǐ zǐ (букв. “уступающая световой скорости частица”), chāo guāng sù lǐ zǐ (букв. “превышающая световую скорость частица”).

Помимо этого можно привести примеры других физических терминов, образованных по данному принципу: электрон – diàn zǐ, где diàn – это “электричество”. Это слово не является калькой с греческого языка, так как изначально слово “электрон” обозначает “янтарь”, а в слово diàn zǐ вложен смысл, отражающий связь этой частицы с электричеством: diàn – “электричество”.

Позитрон же, zhèng diàn zǐ – скорее всего калька с английского слова (positive+electron). Diàn zǐ – это “электрон”, а zhèng – “прямой, позитивный”.

2) *Калька*. Само понятие “элементарные частицы” jīběn lìzǐ. Слово jīběn означает “основной, базовый, (физ.) элементарный”. Lìzǐ – частица. Несмотря на разницу смыслов между китайским и русским терминами, это все же калька, но калька с английского синонима понятия “элементарная частица” – fundamental particle, корень которого имеет значение “основы”.

“Стерильное” нейтрино было переведено понятием “инертное”, что лучше отражает суть названия частицы, не вступающей во взаимодействие. Однако и это калька – с английского синонима понятия steril – inert.

Барион (от греч. “тяжелый”) – по-китайски zhòngzǐ (zhòng – “тяжелый”) и мезон (от греч. “средний”) – jièzǐ (jiè – “находиться между” чем-то и чем-то, “посредничать”); лептон (от греч. “легкий”) – qīngzǐ (qīng – “легкий”).

3) *Транскрипция*. Такой вид заимствования, как транскрипция, в китайском языке слабо представлен в силу особенностей фонетики, однако термины, образованные от имен собственных, китайцы вынуждены транскрибировать. Таковыми являются фермионы (fèimǐzǐ), бозоны (bōsèzǐ), бозон Хиггса (xīgésī bōsè zǐ), а также кварки – слово, не являющееся фамилией, а являющееся, по одной из версий, звукоподражанием крику птиц из романа Дж. Джойса “Поминки по Финнегану”. Передать это звуко сочетание на китайский язык также пришлось путем транскрибирования: kuā kè.

Итак, изучая способы заимствования научных терминов в китайском языке, можно прийти к выводу, что транскрибирование – способ, характерный для индо-европейских языков, особенно при заимствованиях внутри языковой семьи, – не столь популярен в китайском языке (в силу отличной от индоевропейских языков фонетической системы), и применяется только в случае образования терминов от имен собственных.

Достаточно широко распространено калькирование с языка-источника, а также (в случае недостаточно точного отражения термином сути феномена) составление терминов, наиболее точно и наглядно отражающих суть явления. В этих случаях может проявляться влияние традиционных воззрений на формирование терминологии.

И.А. Герасимова: Там понятие нейтрино (“инертное”) связано с их инь-ян или нет?

М.В. Рубец: Никак не связано.

Е.А. Мамчур: А что дает для китайской культуры вообще, для образования и т.д., то, что они попытались выработать другой язык для обозначения элементарных частиц, когда уже есть какие-то английские слова?

М.В. Рубец: Дело в особенностях языка, которые не позволяют транскрибировать все подряд. Например, слово “брадион” китайцам тяжело транскрибировать, так как строение китайского слога не позволяет ставить две согласные подряд, а слога “он” в китайском языке в принципе нет. Они не могут его записать, поскольку один иероглиф равен одному слогу, и нет такого иероглифа, которым можно было бы записать несуществующий слог. В этом случае им приходится либо переходить на латиницу, чего они не любят, либо придумать какие-то понятия, которые заменяют исходное. Они стремятся ассимилировать это понятие на языке своей культуры, который визуален, образен, нагляден. Они очень любят эту наглядность.

В.В. Буданов: Тема моего сообщения: “От диаграмм Р. Фейнмана к грамматикам Н. Хомского”. В свое время на старших курсах физфака МГУ я, как и многие теоретики, был очарован диаграммами Фейнмана – некой техникой когнитивных графов Р. Фейнмана (1949 г.) для описания и расчётов процессов в микромире. В большой степени благодаря этой технике он получил Нобелевскую премию и совместно с С. Томонагой и Дж. Швингером внес вклад в завершение великого этапа построения квантовой электродинамики. В действительности это был самый яркий успех и, пожалуй, безусловная победа квантовой теории поля середины XX в. И по сей день КЭД является самой завершённой парадигмальной моделью квантовой релятивистской физики, однако лишь для одного из четырех фундаментальных взаимодействий – электромагнитного. Оказалось, что языком квантовой теории поля в некотором смысле становятся диаграммные картинки, такие паттерны, руны, иероглифы, если хотите, которые можно интерпретировать как язык событий рождения, поглощения или изменения состояния в мире элементарных частиц. И в сущности, физики так примерно и говорят. Если у вас сталкиваются, допустим, электрон и позитрон, они (аннигилируя) превращаются в световые частицы – фотоны, далее, по ходу движения этих световых фотонов они, в свою очередь, могут еще раз превратиться в электрон-позитронные пары, затем процесс повторится еще и еще раз (это так называемые вакуумные радиационные поправки). Для того чтобы описать реальный процесс, вам нужно учесть бесконечное число этих картинок-сценариев, точнее, сложить с разными весами эти виртуальные, возможные сценарии, причем и частицы, изображаемые в диаграммах, тоже могут быть виртуальными (у них нарушена связь энергии и импульса), однако все эти безумные фантазии умирятся фейнмановской теорией, которая четко математически приписывает каждой диаграмме свой вклад в итоговую вероятность реального процесса наблюдаемого в эксперименте. Виртуальные частицы создают “шубу” вокруг реальных частиц, и ее наличие просчитывается и доказано на эксперименте.

Как устроена современная квантовая теория поля, что является для нее аналогом фонемы и синтагмы? И если фонему мы ассоциировали с кварковой структурой барионов, то синтагма может быть ассоциирована с элементарной смысловой единицей квантового процесса – событиям, образующим диаграммы Фейнмана. Действительно, есть такое понятие, как “вершина взаимодействия” или элементарная диаграмма – точка, в которой сходятся три линии, то есть треххвостка, а уже из треххвостых узлов (простейших возможных узлов) можно сплести любые графы и диаграммы. В этом случае диаграмма Фейнмана строится как связный граф из таких вершин треххвосток, однако это ориентированный граф, и его линиям приписывают распространение определенного типа частиц. Точнее, в каждой вершине сходятся две линии, отвечающие двум фермионам (именно: фермиону и его антифермиону), их принято называть частицами (кварки, электроны, нейтрино и т.д.), и они взаимодействуют с полем, изображенным третьей линией, точнее, одним бозоном, который является переносчиком взаимодействия (фотоны, глюоны, W-бозоны и т.д.). Оказывается, что, если линиям, соединяющимся в вершине, приписать направления (входят или выходят), то всегда можно полагать, что две линии входят, а одна выходит (направление линии, согласно Фейнману, меняется, если прямое движение частицы интерпретировать как обратное движение античастицы). Тогда входящие линии можно интерпретировать вполне по Аристотелю как носителей формальной и материальной причин до события в прошлом, саму же вершину – как символизирующую действующую причину в настоящий момент их соединения, а выходящую линию можно связать с реализацией целевой причины в будущем. Так возникает поток времени в узле диаграммы. Логос – Хаос – Космос у греков. На современном системном языке креативной триады это будет: способ действия, предмет действия и результат действия, соединенных обстоятельствами места и времени действия. Такая конструкция вполне изоморфна генеративным грамматикам Н. Хомского для развернутых смысловых единиц – синтагм. Сказуемое – подлежащие – обстоятельства времени, места – смысл. Именно таким образом устроена структура предложения. Обычная лингвистическая развернутая структура. Не безличное, наподобие “дойдет”, а именно развернутое предложение.

Удивительно, что в теории физических структур Ю.И. Кулакова (1961 г.) утверждается, что если у вас есть простейшие формы отношений между некоторыми наборами элементов двух множеств, что и задает связи физических величин, то самое простое, что можно придумать, это, грубо говоря, закон Ньютона или закон Ома. Ничего сложнее не требуется, и поэтому первые формы законов физики были таковы. А по сути, речь идет об обыкновенной причинной четверице Аристотеля. И когда вы берете закон Ньютона, то он и формулируется как событие. Приложенная сила – как активное начало, она приложена к массе – пассивное начало, и у вас результатом является ускорение этой массы. То есть это образ элементарного события. Именно такими элементарными событиями и записывается диаграмма Фейнмана. Когда у меня были большие по объему курсы на философском факультете – курсы “Концепции естествознания” – я предлагал ребятам записать, скажем, в виде такого нарратива какую-нибудь народную сказку на диаграммном языке, а потом попробовать это все на языке квантовой теории поля изложить.

Оказывается, очень интересная вещь, что подобного рода диаграммы возникли почти одновременно: Фейнман и Хомский сделали это с разницей лет в восемь, не зная друг о друге. Почему это произошло? Здесь можно вспомнить синхроничность Юнга, мысль о тех самых эйдосах, которые спускаются людям, – вот они были люди совершенно из параллельных миров, но структурно получилось совершенно одно и то же. Я играл с этими вещами и потом обнаружил, что в теории компьютерной лингвистики, а именно в переводческой деятельности распознавания текстов, есть модели Вудса, которые еще в 1960-е гг. были созданы, они сделаны примерно уже как нарративы в языке сложных диаграмм. Если вы попытаетесь сделать эти диаграммы неориентированными графами и затем расставлять стрелочки таким образом, чтобы ходить по ним, то выясняется, что диаграммы богаче, чем только один нарратив. И связаны они будут с тем, как вы задаете потоки времени, с какой стороны вы входите в диаграмму, как вы начинаете читать эту руну. И очень интересно, что если вы берете элементарное событие – вот эту треххвостку, активное – пассивное – результат, то у вас есть возможность трижды входить в эту треххвостку, меняя направление стрелочек.

Оказалось, что для закона Ньютона (или Ома, не важно) это означает разные типы дискурсов постановки физической задачи. Почему сложно усваивается физика? Потому что закон Ньютона дан одним образом, это один из дискурсов, и школьники думают, что надо все время вот так. А можно же на это посмотреть по-другому: я не ускорение получаю, а я, допустим, определяю силу. Для этого просто надо взять известную массу, увидеть, какое у нее ускорение, и вы получите силу. Это обратная задача, которая решается, допустим, при разборах авиакатастроф. Вы видите разлет осколков, их массу, какие были ускорения, и соображаете, что там было наверху, какой взрыв, и с какой силой все это разлеталось. Можете наоборот, массу определять, тогда это – задача масс-спектрографа физики элементарных частиц. Так возникают все возможные контексты применения закона.

А вот количество этих дискурсов – шесть, вообще-то говоря (три входа по времени, их можно еще переставлять местами в причинном поле прошлого). И тогда возникает очень интересная, дискретная лингвистическая игра, я ее назвал “калейдоскоп”. Если возьмете три существительных, потом припишете им соответственно в этой треххвостке либо активное, либо пассивное, либо результат, а затем должны подобрать дискурс, далее меняя местами эти существительные в креативной триаде должны получиться другие дискурсы. Допустим, вы разгадываете чужой язык. Вы – криптограф. И вы не знаете, что является подлежащим, сказуемым... А место соединения – это обстоятельство места, времени и действия. Так вот, перестановок всего лишь шесть, и вот такая игра с этими словами, она порождает очень яркие примеры и тренировку на контекстуальную гибкость. Это ассоциативные игры, это возможность юмора, когда вы начинаете, так сказать, соединять вещи парадоксальным образом, и получается, что мы мыслим вот в этом виртуальном пространстве возможных трактовок элементарного события в трехмерном времени. То есть наше время в семантических пространствах многомерно, и тут в пору вспомнить феноменологию Э. Гуссерля, но это уведет в сторону.

Для талантливых студентов это становилось достаточно увлекательным делом, а для человека, который не богат фантазией, это довольно тяжкий труд. И в квантовой теории поля разным потокам времени отвечают так называемые разные каналы интерпретаций диаграмм.

Заканчивая, я хочу сказать, что гуманитаристика, именно как структурная лингвистика, и квантовая теория поля сегодня – это некие почти изоморфные структуры. С тем отличием, что для фейнмановских диаграмм приписываются определенные веса, есть возможность их вычислить, они связаны с вероятностью тех или иных процессов.

Это к тому, что здесь не случайная связь. По-видимому, никаких других структур наше сознание просто не способно продуцировать. И мы вольно или невольно (конечно Фейнман не задумывался об этих вопросах) спроецировали еще раз структуры самих себя в образ того мира, который совершенно недоступен нам чувственным образом, и дискретизировали тем самым миры континуальные, дуальные, квантовые, квантово-механические, превратив их в некие нарративы. Они, конечно, символические, метафорические, но структурно они просто изоморфны нашей культуре языка. Вот, пожалуй, на этом я хочу закончить.

Отмечу только, что это работа еще 1990-х гг. Выяснилось, что лингвисты, скажем, не хотят погружаться в диаграммную технику, а те, кто занялись компьютерной лингвистикой, попали в тенета фирм, в которых запрещено раскрывать, так сказать, ноу-хау. Получается, что публично это направление науки сегодня некому развивать. Некому развивать, потому что оно является уже полем зарабатывания денег. Причем надо быть специалистом в двух областях сразу: и в лингвистике, ну и, в общем-то, в квантовой теории поля. К сожалению, в социальных научных дискурсах по чисто коммерческим соображениям возникают табуированные зоны, причем, они действительно крайне интересны. Поэтому в нашем сообществе это не резонирует.

И.А. Герасимова: Это напоминает древнюю триаду: отец, мать и сын. Описанную классически в нумерологии ну и в других дисциплинах.

В.В. Буданов: Это хаос, космос, теос, логос – пожалуйста, да, да, ну это я системно, а там можно и к грекам пойти...

А.И. Липкин: Вписывая мое краткое выступление в тему данного “круглого стола”, я обозначаю место атомизма и частиц в физике. Я сегодня буду говорить лишь про физику, которой посвящена моя недавно вышедшая книжка [Липкин 2014], там можно найти подробности. В современной физике я вижу очень четкие следы трех античных парадигм: демокритовской, платоновской и аристотелевской. Насколько я понимаю, то, что здесь обсуждалось, – это демокритовская линия, ищущая первоэлементы (тогда – атомы, теперь – кварки). Платоновская ищет уравнение всего (пример – [Вайнберг 2008]). Моя позиция ближе всего аристотелевской. У Аристотеля есть определение, где он различает физику, математику, технику и т.д. И это очень близко моей модели. Он говорит: физика – это умозрение (то есть работа с идеальными объектами, что естественно для научных теорий) о том, что движется (и действительно, процесс перехода системы из одного состояния в другое – это то, что характеризует физику), и связано с материей (то есть, в отличие от натурфилософии и математики, предполагается, что все идеальные сущности, которые в физике фигурируют, предполагают определенные процедуры реализации в материале). Все это входит в определение физики и отличает физику от других естественных наук, скажем, от химии. Я утверждаю, что структура современного физического знания, которая сформировалась после третьей методологической революции границы XIX–XX вв. (первая – это Галилеевская, вторая – Ньютоновская), выглядит следующим образом: физика – это совокупность разделов физики, а раздел физики – это то, что имеет свои основания, в которых заданы свои базовые понятия, среди которых есть такой важный строительный материал, который я называю “первичными идеальными объектами” – все физические теории явлений собираются из таких первичных идеальных объектов. И то, что делает эти разделы и объекты физическими, сводится к двум вещам. Одна из них – это то, что любой физический процесс представляется как переход некоторого объекта из одного состояния

в другое, а второй – это то, что все эти первичные идеальные объекты (их где-то порядка полутора десятков) строятся с использованием всего двух архетипов. Эти два архетипа – *частица и сплошная среда*.

Основные характеристики частицы – это то, что локально, по сути дела, это точка, считается, что у нее нет размеров, ее состояния задаются набором измеримых величин. Вот то, что ее в первую очередь выделяет. Возможно еще внешнее воздействие. Процессы, которые изучаются в среде, – это те, которые внутри среды, а у частицы нет “внутри”, поэтому она движется во внешнем пространстве. Модель частицы уже хорошо прописана в механике Ньютона, а модель среды – в гидродинамике идеальной жидкости Эйлера. Принципиальное различие между этими двумя моделями заключается в том, что среда предполагает базовое близкое действие, среда – это нечто, заполняющее объем, не важно, одномерный, двумерный или трехмерный, то есть, соответственно, она имеет границу, и, что очень важно, ее состояние задается некими измеримыми величинами во всех точках, которые занимает среда. То есть если частица задается набором измеримых величин, то есть набором чисел, то среда задается набором функций. Для физиков это называется бесконечным числом степеней свободы. Соответственно, это порождает важное изменение в процедурах измерения. Процедуры измерения для среды предполагают пробное тело, ибо чтобы в разных точках мерить значения величин, эти точки нужно выделить. Поэтому здесь принципиально наличие пробного тела. И этот подход не требует (по своей сути не предполагает) наличия молекулярной структуры, это совершенно не важно, поэтому электромагнитное поле – это вариант среды, и собственно говоря, модель термодинамической системы тоже использует вариант среды, и т.д.

В этом и заключалась суть моего выступления. Я его могу дальше разворачивать куда угодно, потому что полное описание всех, по сути, разделов физики, зафиксированных в десятитомнике Л.Д. Ландау и Е.М. Лившица, прописаны в моей книге, упомянутой выше. Оставшееся время отведем на вопросы, если они возникнут.

В.Г. Лысенко: А сейчас каково состояние дел в физике?

А.И. Липкин: Сейчас нет ничего принципиально нового. Как сегодня отвечают на вопрос “Что такое физика?”. Если мы возьмем какую-нибудь серьезную физическую энциклопедию и посмотрим статью “Физика”, то, по сути, там будет сказано, что физика – это то, чем занимаются физики. То же самое будет в химии, биологии, математике, тот же самый, скажем, ответ дает нам на подобный вопрос директор Американского института физики. Вообще говоря, это по Куну. Я сначала очень удивился, а потом понял, что это определение по Куну. В “Философской энциклопедии” говорят про какую-нибудь фундаментальность. Но чем гидродинамика более фундаментальна, чем химия? А у Аристотеля и в моей модели дается содержательный ответ на то, что такое физика, – это то, что я сказал выше. И это та физика, которая формируется, как я говорил, на границе XIX–XX вв.

В.Г. Лысенко: Ну, а все-таки: существует ли какая-то магистральная линия, с чем она связана?

А.И. Липкин: Методологических революций новых я не замечаю. Если говорить содержательно, то революций масштаба того, что было в начале XX в., я не вижу. Потому что, скажем, если мы возьмем стандартную модель в квантовой теории поля (КТП), то, в принципе, эта модель была заложена в квантовой электродинамике (КЭД) в 1927 г. Можно говорить про струны, но они, на самом деле, дочерние по отношению к КТП и опять же КЭД. Исходя из этого я считаю, что все пока, по большому счету, по-старому.

В.Г. Лысенко: То есть, с Вашей точки зрения, вот те новые идеи, которые появились (их достаточно много), не являются прогрессом?

А.И. Липкин: В плане идей, если говорить про физику, про струны, например, космологию или еще что-нибудь? Нет, это не того масштаба. Это все пока вписывается в то, что было. Из новых идей появляются многомерные скрученные пространства. Вот это, в принципе, если бы это стало моделью, а не математикой, ввело бы существенно новую модель. Но пока, по-моему, это относится лишь к математическому слою, к новому математическому представлению, а не к модели (в структуре физического знания можно

выделить модельный и математический слои, ведущим в плане смыслов является первый). Если говорить про рефлексию физики, про философию науки, то в последнее время указывают на структурный реализм, но все эти проблемы решаются значительно проще и по-другому, и никаких особых сдвигов в этом структурном реализме я не вижу.

Е.А. Мамчур: Насчет структурного реализма вы не совсем правы. Ведь это не физика, а философия.

А.И. Липкин: Да, я про это здесь не говорил, но это прописано в главе, которую я написал в новую редакцию нашей “Философии науки”, разбирая, что такое структурный реализм. Я не знаю, есть ли место для содержательного обсуждения этой темы здесь.

Е.А. Мамчур: Что вы понимаете под структурным реализмом?

А.И. Липкин: Под структурным реализмом я понимаю то, что классически про него пишут (эта линия еще у Пуанкаре была), что, якобы, объекты не обладают реальностью, а реальностью обладают отношения, которые выражаются в общих уравнениях. И дальше к этому приводятся некие обоснования (типичный пример): была сначала эфирная теория света и уравнения Френеля, потом стала неэфирная, а эти уравнения остаются. Я стою на том, что есть объектная онтология, а не онтология этих уравнений, уравнения вторичны. А ответ на данный вопрос заключается в том, что и эфир, и электромагнитное поле – это модели среды (то, что я говорил выше), и поэтому уравнения могут выглядеть совершенно одинаково. Если мы возьмем волны и колебания, то они надпредметны, ибо они бывают в совершенно разных разделах физики, и не только физики (этим свойством обладает и теория колебаний и синергетика).

Это один из базовых аргументов в пользу структурного реализма. Я рассматривал и другие аргументы, приводимые в посвященной структурному реализму книге [Фурсов 2013], тем более что в основном они на физическом материале работают. И там, с моей точки зрения, никаких оснований для него нет. Я понимаю, что они не от хорошей жизни это ввели, но есть другие решения, в которых нормальная онтология появляется.

Е.А. Мамчур: Тут интересно было бы, конечно, послушать, какие же Вы предлагаете решения, потому что пока это остается: проблема замещения онтологии остается реальным фактом науки при смене фундаментальных доктрин.

А.И. Липкин: Нет, дело в том, что там неправильно понимается смена фундаментальных теорий, ибо не хватает одного уровня – уровня оснований. То есть там квантовая механика не отличается от теории сверхпроводимости. Концепции, в которых различение этих двух уровней есть, – это у Куна и Лакатоса, и у меня это есть. Я утверждаю, что в структурном реализме этого различия нет, и отсюда получаются неадекватные выводы. Если про онтологию, то тут ситуация такая: онтология задается на уровне оснований, а на уровне теорий – там все в духе реализма. Онтология задана, причем там искусственные, но реальные объекты, поскольку обязательно эти объекты предполагают материализацию, реализацию в эмпирии, то есть они столь же реальны, как кирпичи, грубо говоря. Это является решением проблемы, ради решения которой создавался структурный реализм. Я готов из этой позиции разрешать любые их парадоксы и трудности.

В.Г. Лысенко: Кто-то хочет высказаться по поводу состоявшегося “круглого стола”?

И.А. Герасимова: Это мне напоминает прощальную симфонию Гайдна: сыграл, потушил свечку и ушел.

В.И. Аршинов: Неоконченная симфония Шуберта.

И.А. Герасимова: Да. И неоконченная симфония Шуберта, и прочие другие неоконченные сочинения, которые задают вопросы. Какие-то ответы получили, но и много вопросов возникло.

В.Г. Лысенко: Реалии нашей жизни таковы, что все обсуждения превращаются в такие незаконченные симфонии, поскольку люди дискретны как частицы: появляются в одном месте, потом в другом, а континуальное присутствие в одном месте – крайне большая редкость в наше время. Как показывает опыт прошлого “круглого стола”, на этом дискуссия не заканчивается, она просто получает какой-то новый толчок. После того как мы все это проговорили и каждый высказался, начинается реальная совместная работа. Хотя выступления носили по большей части дискретный характер и каждый выступавший

говорил в основном о своем предмете, тем не менее, произошло очень важное артикулирование каждым участником “круглого стола” своего понимания смыслов дискретного и континуального. На пути создания искомой метатеории научного мышления в рамках индоевропейской языковой парадигмы предложенные теоретические модели могут стать предметом рефлексии более высокого уровня.

Вяч. Вс. Иванов как-то высказал одну мысль, которая меня глубоко потрясла своим точным попаданием в суть дела: “Что бы мы там ни делали, мы описываем себя”. Мы думаем, что мы описываем внешний мир, реальность, в результате строятся модели, строятся теории, а, в конечном счете, оказывается, что мы пытаемся таким образом (с помощью определенным образом устроенных нами же инструментов) понять себя: не только наблюдатель, но и инструмент наблюдения уже заложены в систему – картину мира, которую мы создаем.

Реплики заочных участников “круглого стола”

Ю.И. Манин: Мне хотелось бы сделать несколько замечаний по поводу вопроса, каково соотношение атомистического и континуалистского подходов в научном атомизме.

Как только мы переходим к обсуждению очень недавнего возникновения научного атомизма, все слова типа “дискретный/непрерывный” приобретают совершенно другие референции, чем при обсуждении долгой “культурной истории” идеи атомизма. Скажем, к “дискретному” в современном атомизме относятся:

- дискретные линии спектра излучающих атомов;
- те черты структуры атомов, которые закодированы в периодической таблице элементов;
- понятие валентности в химии и структурные формулы, описывающие (достаточно простые) молекулы.

– список “элементарных частиц”...

К непрерывному же относятся:

- квантово-механические представления об амплитудах (“волнах”) вероятности;
- идея наблюдаемого как проектора в соответствующем Гильбертовом пространстве состояний;
- рассмотрение пространства-времени как изолированной или взаимодействующей с “материей” физической системы – и многое другое.

“Непрерывное” и “дискретное” также переплетены в современном атомизме таким образом, что без математического языка говорить об этом невозможно.

В.П. Визгин: *Об одном геометрическом подходе к атомизму в физике XX в.*

1) В классической механике и связанной с ней классико-механической картине мира материя мыслилась состоящей из дискретных элементов, наделенных массой (атомов). Вместе с тем, физические взаимодействия (электричество, магнетизм, свет и др.) связывались с более тонкой непрерывной субстанцией – эфиром. В последней трети XIX в. на смену эфиру приходит понятие поля, прежде всего электромагнитного поля, принципиально не механической непрерывной субстанции.

В конце XIX в. и в начале XX в. возникает проект сведения массивных дискретных частиц (атомов, электронов) к электромагнитному полю, или так называемая электромагнитная картина мира (или глобальная электромагнитно-полевая программа). Однако классико-полевой рванш континуализма не состоялся: специальная теория относительности (СТО) и квантовая теория излучения вынудили физиков отказаться от электромагнитной картины мира.

Вскоре после создания общей теории относительности (ОТО), в которой гравитационное взаимодействие трактовалось как искривленное (риманово) пространство-время, возникает проект такого расширения римановой геометрии пространства-времени, которое бы позволило и электромагнитное поле истолковывать чисто геометрически. Таковы

были проекты (теории) Г. Вейля, А.С. Эддингтона, Т. Калуцы и позже самого Эйнштейна, главного творца ОТО. Им предшествовал своеобразный вариант объединения гравитации и электромагнетизма, в котором электромагнетизм рассматривался (на основе одной математической теоремы) как следствие гравитации. Этот вариант был выдвинут в конце 1915 г. Д. Гильбертом. И в теории Гильберта, и в последующих проектах единых теорий поля от Вейля до Эйнштейна, предполагалось дискретные частицы получить тем или иным образом как особые решения полевых уравнений. Квантовые черты поведения излучения и частиц, установленные к этому времени, также должны были следовать из этих уравнений.

В результате физика на самом фундаментальном уровне должна была свестись к пространственно-временному континууму, и, соответственно, дискретные частицы, атомы, элементы и т.д. должны были стать проявлениями этого континуума, или его эпифеноменами. Если в 1920-е гг. эта геометрическая полевая программа синтеза физики рассматривалась как вполне перспективный конкурент квантовой, или атомистической программы, то в 1930-е и последующие годы она постепенно маргинализируется и уходит с переднего края теоретической физики.

2. В связи с этой программой пространственно-временного континуализма выскажем несколько соображений.

Прежде всего, она не была бесплодной и оказала существенное эвристическое воздействие на фундаментальную физику (создание волнового варианта квантовой механики, калибровочной концепции в квантовой теории поля и т.д.).

Программа не сработала в ее радикальном варианте (все есть геометрия), но сохранила свое значение в умеренном варианте (гравитация есть геометрия). Объединение ОТО с квантовой теорией, или квантование гравитации, или геометризация стандартной модели микромира, или создание трехконстантной cGh-теории остается первостепенной задачей фундаментальной физики ближайшего будущего.

Далее, геометрическая программа (и тем более геометрическая пространственно-временная) настолько необычна и парадоксальна, что выглядит и сейчас весьма экзотично и философски обескураживающе. Поэтому крайне важно понять, как она могла возникнуть и на некоторое время утвердиться в фундаментальной физике. В отношении теории тяготения наш анализ показывает, что решающими его предпосылками были эйнштейновский принцип эквивалентности, связанный с равенством инертной и гравитационной масс, и четырехмерная субстанциальная концепция пространства-времени Г. Минковского в СТО.

Наконец, пророки и предвосхищения геометрического миропонимания (правда, на уровне только трехмерной, пространственной геометрии), конечно, были, например, в древнеиндийской натурфилософии, в античности (Платон), в Новое время (Декарт) и в математическом естествознании второй половины XIX в. (В. Клиффорд). Однако для Эйнштейна при создании ОТО и геометрической полевой программы они не были существенными.

3. Что касается соотношения научных (физических) и культурных (гуманитарно-художественных) аспектов рассматриваемого варианта взаимосвязи атомизма и концептуализма, то бросается в глаза воздействие физического релятивизма (и, соответственно, геометрического миропонимания) на гуманитарную и художественную культуру России 1920–1930-х гг. (о. П. Флоренский, А.Ф. Лосев, поэзия В. Хлебникова, О.Э. Мандельштама, В. Брюсова, хронотопика М. Бахтина, проза и публицистика Е. Замятина и т.д.).

ЛИТЕРАТУРА

Анохин web – *Анохин К.В.* Концепция когнитума: разум как сеть. Заседание научно теоретического семинара “Проблемы сознания” 30 января 2014 г. Институт философии РАН. http://iph.ras.ru/30_01_2014_antohin.htm

Аристов 1994 – *Аристов В.В.* Статистическая модель часов в физической теории // Доклады РАН. 1994. Т. 334. С. 161–164.

Аристов 1995 – *Aristov V.V.* Relative statistical model of clocks and physical properties of time / On the way to understanding the time phenomenon: the constructions of time in nature science. A.P. Levich ed. World Scientific. Singapore, 1995. P. 26–45.

Аристов 1996 – *Аристов В.В.* Реляционная статистическая модель часов и физические свойства времени / Конструкции времени в естествознании. Ред. А.П. Левич. М.: Издательство МГУ, 1996. Ч. 1. С. 48–81.

Аристов 2000 – *Аристов В.В.* Связь описания в языках физики и поэзии / Языки науки – языки искусства. М.: Прогресс-Традиция, 2000. С. 357–365.

Аристов 2003 – *Aristov V.V.* On the relational statistical space-time concept / The Nature of Time: Geometry, Physics and Perception. R. Bucchery et al. eds. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. P. 221–229.

Аристов 2009 – *Аристов В.В.* Построение реляционной статистической теории пространства-времени и физическое взаимодействие / Конструкции времени в естествознании. Ред. А.П. Левич. М.: Прогресс-Традиция, 2009. Ч. 3. С. 176–206.

Аристов 2011 – *Aristov V.V.* The gravitational interaction and Riemannian geometry based on the relational statistical space-time concept // Gravitation and Cosmology. 2011. Vol. 17, No. 2. P. 166–169.

Атомизм 2014 – Атомизм и алфавитный принцип. Материалы “круглого стола” // Вопросы философии. 2014. № 6. С. 154–184.

Вайнберг 2008 – *Вайнберг С.* Мечты об окончательной теории. М.: ЛКИ, 2008.

Кобзев 2011 – *Кобзев А.И.* Китай и взаимосвязи иероглифики с континуализмом, а алфавита с атомизмом / Общество и государство в Китае: ХLI научная конференция. Институт востоковедения РАН. М.: Восточная литература, 2011. С. 314–325.

Липкин 2014 – *Липкин А.И.* Основания физики. Взгляд из теоретической физики. М.: УРСС, 2014.

Лысенко 2004 – *Лысенко В.Г.* Универсум Вайшешики. М., 2004.

Мокир 2012 – *Мокир Дж.* Дары Афины: исторические истоки экономики знаний. М., 2012.

Морен 2007 – *Морен Э.* Образование в будущем: семь неотложных задач / Синергетическая парадигма: синергетика образования. М.: Прогресс-Традиция, 2007.

Полани 1985 – *Полани М.* Личностное знание. М.: Прогресс, 1985.

Реале, Антисери 2004 – *Реале Дж., Антисери Д.* Западная философия от истоков до наших дней. СПб., 2004. Т. 2.

Фурсов 2013 – *Фурсов А.А.* Проблема статуса теоретического знания науки в полемике между реализмом и антиреализмом. М.: Издатель Воробьев А.В., 2013.

Чермели 2009 – *Csermely P.* Weak Links: The Universal Key to the Stability of Networks and Complex Systems. Berlin; Heidelberg: Springer, 2009.

Шао, Старэйс 2010 – *Shao Hua-Chieh, Starace A.F.* Detecting Electron Motion in Atoms and Molecules // Physical review letters 105 (2010). P. 201–263.

Материалы “Круглого стола” подготовлены В.Г. Лысенко (составление, редактирование) и М.В. Рубец (расшифровка)