

С.Н. Коняев

Проблема сложности и перспективы развития фундаментальной науки

Проблема сложности представления физической реальности осознается сейчас практически всеми физиками-теоретиками. Однако пути ее решения они видят по-разному. И поскольку большинство из них привержены идее возможности построения окончательной физической «теории всего», единственным «архимедовым рычагом» решения этой задачи с их точки зрения традиционно остается математика, «реально существующая» в идеальном мире сущностей Платона.

Так, известный исследователь Роджер Пенроуз утверждает, что «все, существующее в физической Вселенной, вплоть до мельчайших мелочей, и в самом деле управляется точными математическими принципами», и делает вывод, что «и наши с вами физические действия целиком и полностью подчинены такому всеобщему математическому контролю, хотя “контроль” этот все же допускает определенную случайность в поведении, управляемую строгими вероятностными принципами»¹.

По существу Р.Пенроуз пытается решить проблему сложности описания Вселенной на пути математического редукционизма, истоки которого в европейском естествознании Нового времени коренятся в декартовском разграничении души и тела, мысли (сознания) и материи, в его противопоставлении двух субстанций: мыслящей как непространственной и материальной как протяженной.

¹ *Пенроуз Р.* Путь к реальности, или Законы, управляющие Вселенной. Полный путеводитель. М.–Ижевск, 2007. С. 40.

С моей точки зрения, главная проблема состоит в том, что предложенная им концепция трех миров (ментального, математического-платоновского, физического) отрывает тело наблюдателя (принадлежащего физическому миру) от его сознания (относящегося к ментальному миру), а платоновский математический мир оказывается абсолютом, существующем вне времени и пространства.

Однако весьма сомнительно, что на этом пути проблема сложности может найти свое адекватное решение. Здесь вряд ли можно рассчитывать на создание некоей всеобъемлющей теории сложности как окончательной теории всего. (Если, конечно, о такой теории вообще имеет смысл говорить.) Подчеркнем еще раз, что математический редукционизм в данном случае (в ситуации сложности) ничем не лучше редукционизмов всякого иного рода.

Так или иначе, но появление все более изошренных и сложных математических объектов, к сожалению, не приводит к адекватному развитию техники эксперимента, что приводит к «повисанию» новых теорий реальности в «эмпирическом вакууме».

Великий Ричард Фейнман отмечал, что «единственное действительное физическое описание явления – это истолкование смысла величин в уравнении с точки зрения эксперимента, или, точнее говоря, способ применения уравнений к результатам эксперимента»², поэтому, казалось бы, «наилучший способ создания новой теории – угадывать уравнения, не обращая внимание на физические модели или физическое объяснение»³. Однако «физические... соображения помогают иногда генерировать идею о том, как неизвестное может быть связано с известным»⁴, в отличие от теорий известного, которые неразличимы в научном отношении.

Рассматривая связь физики и математики, Фейнман пишет: «Физика – не математика, а математика – не физика. Одна помогает другой. Но в физике вы должны понимать связь слов с реальным миром... В математике этой проблемы не существует вовсе»⁵.

Проблема физической реальности оказалось настолько сложна (и во многом еще и усложнена ее порождающими математическими конструкциями), что один из создателей квантовой меха-

² Фейнман Р. Характер физических законов. Нобелевская и мессенджерские лекции. М., 2004. С. 172.

³ Там же.

⁴ Там же. С. 173.

⁵ Там же. С. 43.

ники Эрвин Шредингер предпринял целое историко-философское исследование для того, чтобы доказать, что особенности современной научной картины мира «возникли исторически (по сравнению с логически обусловленными), установив их происхождение на ранних этапах западной философской мысли»⁶.

По словам Шредингера, стоит вернуться к анализу философии древних греков, когда не существовала еще стена, разделяющая «два пути»: путь сердца (религиозное постижение мира) и путь чистого разума (научное познание). Во время расцвета классического типа научной рациональности, в физике XIX в. исследователи полагали, что любые процессы можно описать движением атомов, которые являются конечными составляющими материи, которое определяется их взаимодействием. В классической физике действительно считалось, что можно познать реальность такой, какой она является «на самом деле», характерным примером этого является, например, установление факта гелиоцентрического устройства Солнечной системы.

Однако «именно с физики в начале [XX] в. стали подвергать в трепет основы науки первые потрясения – квантовая теория и теория относительности»⁷. «В целом, сегодняшний кризис в современных главных научных вопросах указывает на необходимость пересмотра ее основ вплоть до самых начальных уровней.

С помощью серьезной попытки возвратиться в интеллектуальную среду античных мыслителей, гораздо меньше знавших то, что касается действительного поведения природы, но также зачастую значительно менее предвзятых, мы можем вновь обрести у них свободу мысли, хотя бы, возможно, для того, чтобы использовать ее, с нашим лучшим знанием фактов, для исправления их ранних ошибок, которые все еще могут ставить нас в тупик»⁸.

Здесь, на мой взгляд, важно подчеркнуть принципиальное в методологическом плане отличие подходов к дальнейшему развитию фундаментальной науки у Э.Шредингера и Р.Пенроуза. Шредингер предлагает переосмыслить различные подходы к постижению природы (и человека) в древнегреческой философии. Пенроуз, по существу, исключает человека (прежде всего, его телесности) из

⁶ Шредингер Э. Природа и греки. Ижевск, 2001. С. 7.

⁷ Там же. С. 16.

⁸ Там же. С. 17–18.

процесса познания, доводя до абсурда, вполне рациональное для своего времени высказывание Галилея о том, что природа написана на языке математики.

Галилей, который активно использовал свою телесность в проводимых экспериментах, измеряя промежутки времени по собственному пульсу, был бы наверно удивлен, что его «физические действия целиком и полностью подчинены... математическому контролю».

В своем вышеуказанном исследовании Шредингер, прежде всего, рассматривает Единое Сущее Парменида. Он цитирует Парменида в переводе Дильса: «ибо мышление и бытие есть одно и то же»⁹.

Шредингер также приводит замечание Плотина, в котором он говорит, что Парменид «объединил в единое целое сущее, которое есть, и разум и не вложил сущее, которое есть в ощущения»¹⁰.

Таким образом, Э.Шредингер делает вывод, что «неподвижное, вечное Единое Парменида не означало причудливый и неадекватный мысленный образ реального мира вокруг нас, как будто его истинная природа составляла однородную спокойную жидкость, всегда заполняющую все пространство без границ – упрощенная гиперсферическая вселенная Эйнштейна, как был бы склонен называть ее современный физик. Его позиция состоит в том, что он не склонен воспринимать материальный мир вокруг нас как данную реальность. Истинную реальность он вкладывает в мысль, в предмет познания... то, что дают нам чувства – это не тот мир, какой он есть в действительности, не “вещь в себе” как определил его Кант. Последний пребывает в субъекте, в том, что это субъект способный мыслить, способный, по крайней мере, к некоторой умственной деятельности – вечно волевой, как это обозначил Шопенгауэр»¹¹.

Рассуждая над вышеприведенным отрывком, можно предположить, что в картине мира Парменида выявляется субъект, обладающий разумом, который связан с самим мирозданием.

Тогда и строка Парменида в передаче Бернета, которую Шредингер называет «явно тавтологической»¹²: «Сущее, о котором может быть мысль, и сущее, ради которого существует мысль, есть одно и то же» получает свое рациональное толкование.

⁹ Шредингер Э. Природа и греки. С. 25.

¹⁰ Там же.

¹¹ Там же. С. 25–26.

¹² Там же.

Очень сходные взгляды, сформулированные, конечно, в современных терминах, можно найти в статье Рольфа Ландауэра 1996 г. «Физическая природа информации», в которой утверждается, что информация не является бестелесной, т. е. лишенной материальной оболочки, а неизбежно связана со своим физическим воплощением. Она всегда представлена в соответствующих физических структурах. В простейшем примере – гравировка на табличке, или пометка на бумаге, пробивка на перфоленте. Она может быть представлена спином или зарядом. Эта физическая воплощенность «связывает обработку информации со всеми возможностями и ограничениями нашего реального мира, с его законами физики и его хранилищем доступных частей»¹³.

Основная идея Ландауэра, высказанная им еще в 1967 г., состоит в том, что законы физики, по существу, алгоритмы для вычислений. Эти алгоритмы существенны лишь до той степени, до которой они исполнимы в нашем реальном физическом мире.

Вспомним, что Парменид подчеркивает тождество «сущего, которое есть» (ὄν) и «мышления» (νοεῖν) или «мысли» (νόημα)¹⁴.

Если вместо ὄν («сущего, которое есть») подставить Physical (физический мир) Р.Ландауэра, а вместо νόημα («мысли») – Information (информация), то мы как раз и получим «Information is Physical» (название статьи Ландауэра), т. е. дословно – информация есть физический мир. Эти построения также созвучны идее, высказанной Дж. Уилером («все из бита»), который понимал фундаментальную роль информации в физике.

Возможно, это поможет по-новому взглянуть на проблему физической реальности на уровне новых физических понятий и ввести понятие субъекта (наблюдателя) в контекст физической теории, способное обеспечить дальнейшее развитие фундаментальной науки.

Шредингера очень волновал вопрос, «является ли главным источником истины непосредственная чувственная информация или мыслящий человеческий ум...»¹⁵.

¹³ Landauer R. The physical nature of information // Physics Letters. A 217. (1996). P. 188.

¹⁴ Шредингер Э. Природа и греки. С. 25.

¹⁵ Там же. С. 27.

В качестве «выдающегося примера чистого сенсуализма» Шредингер приводит Протагора, который «считал чувственные ощущения единственными вещами, которые действительно существуют, единственным материалом, из которого составлена наша картина мира»¹⁶.

Но ведь «мыслящий человеческий ум» также работает с информацией. Может быть, крайности «разум против чувства», описанные Шредингером, могут быть на современном этапе «синтезированы» в рамках новой научной методологии, а понятия субъекта Парменида и принцип Протагора «человек есть мера всех вещей» объединены в концепции физического наблюдателя?

Шредингер обращает внимание на то, что исключение субъекта познания из рациональной картины мира, которую следует построить, «стала прочной укоренившийся привычкой прошлого. Она превратилась в неотъемлемую особенность любой попытки сформировать картину объективного мира... Тот факт, что это исключение было особым приемом, настолько мало осознавали, что предпринимались попытки обнаружить субъект *в пределах* материальной картины мира в форме души, как материальной, созданной из особенно прекрасной, изменчивой и подвижной материи, так и духовной субстанции, которая взаимодействует с материей. Эти наивные толкования уходят вглубь столетий и даже сегодня не вышли из употребления»¹⁷.

Это очень важный методологический момент, ведь именно квантовая механика, которую активно создавал Шредингер, поставила вопрос о роли и влиянии наблюдателя на результаты эксперимента. Согласно неклассическому идеалу рациональности средства измерения стали неотделимы от объекта. Возникает вопрос – является ли это фундаментальным свойством природы на малых масштабах (что и было *de facto* принято в копенгагенской интерпретации, которая требует участия в эксперименте макроскопического прибора и формулировки результата наблюдения на обычном языке) или это всего лишь связано с ограничениями на измерительные возможности субъекта-наблюдателя, который не обладает соответствующими микрорецепторами и вынужден пользоваться макроприборами.

¹⁶ Шредингер Э. Природа и греки. С. 27.

¹⁷ Там же. С. 44–45.

Возможно, сложности развития современной парадигмы естествознания связаны именно с тем, что «наука в своей попытке описать и понять Природу упрощает эту очень трудную задачу. Ученый подсознательно, почти неумышленно, упрощает свою задачу понимания Природы, исключая из рассмотрения или вырезая из картины, которую следует построить, себя, свою собственную личность, субъект познания.

Неумышленно мыслитель отступает к роли внешнего наблюдателя. Это намного облегчает задачу, но и оставляет бреши, огромные пробелы, ведет к парадоксам и антиномиям всякий раз, когда, не осознавая этой исходной сдачи позиций, пытаешься найти себя в картине мира или поместить себя, свое собственное мышление и воспринимающий ум обратно в эту картину»¹⁸.

Корни этой идеи Шредингер обнаружил у Гераклита. «Делая предположения о реальном мире вокруг нас, созданные из частично совпадающих областей наших нескольких сознаний, мы строим «общий мир», $\xi\upsilon\nu\nu\omicron\nu$ или $\kappa\omicron\iota\nu\nu\omicron\nu$ Гераклита, и гипотезируем мир как объект. И поступая так, каждый волей-неволей воспринимает себя, субъект познания, сущее, которое говорит “*cogito, ergo sum*”, вне мира, удаляет себя из него на позицию внешнего наблюдателя, который сам не принадлежит к его участникам. “*Sum*” (существую) превращается в “*est*” (существует)»¹⁹.

Эрвин Шредингер прекрасно понимает, что «реальный мир вокруг нас» и “мы сами”, т. е. наши умы, созданы из одного и того же строительного материала, оба состоят из одних и тех же кирпичиков, ...только расположенных в другом порядке, – чувственных ощущений, образов памяти, воображения мышления»²⁰.

Шредингер почти подошел к конструированию наблюдателя, однако столкнулся с общей проблемой, связанной с очень большими методологическими трудностями представить, что элементы, которые формируют разум, одновременно являются и составляющими материального мира. «Чтобы перейти с точки зрения разума на точку зрения материи, или наоборот, нам следует, так сказать, взять элементы порознь и складывать их снова вместе в совершен-

¹⁸ Шредингер Э. Природа и греки. С. 73–74.

¹⁹ Там же. С. 74.

²⁰ Там же. С. 74–75.

но ином порядке. Например, ...мой разум в этот момент составлен из всего, что я чувствую вокруг себя: моего собственного тела, вас всех, сидящих передо мной и очень доброжелательно слушающих меня, *aude-memoire*, **лежащее передо мной, и прежде всего мыслей**, которые я желаю вам объяснить, их соответствующего обрамления в словах»²¹.

Здесь, к сожалению, наблюдается поворот от формирующейся физической парадигмы, включающей субъекта-наблюдателя, к классическому идеалу научной рациональности – субъект и объект существуют отдельно и познаются внешним (неявным) «мета-наблюдателем». А ведь, как говорится, *quod licet Iovi, non licet bovi* (что позволено Юпитеру, не позволено быку). Человек не может одновременно находиться во всех уголках мироздания подобно Создателю. Специальная теория относительности и квантовая механика накладывают ограничения на измерительные возможности наблюдателя.

Более того, противоречие состоит в том, что Шредингер начинает с того, что рассматривает чувства *versus разум*, а в приведенном отрывке разум его составлен из чувств...

Конечно, в его время еще не было роботов, которых можно было бы использовать в качестве компьютерной метафоры процесса наблюдения. Сейчас мы могли бы сказать, что за «разум» робота-наблюдателя отвечает центральный процессор и операционная система, а за его «ощущения» – интерфейсы, датчики и соответствующие драйверы.

Модель наблюдателя, использующая компьютерную метафору, позволяет естественным путем ввести понятие границы «субъекта познания». Она определяется «снизу» элементной базой процессора и датчиков (т. е. предельным уровнем элементов физического мира, на котором способно работать аппаратное обеспечение робота), а «сверху» – возможностями манипуляторов и систем ввода-вывода информации (для простоты, на первом этапе рассмотрения нашей модели, предполагаем, что все необходимое программное обеспечение присутствует и работает с требуемым быстродействием).

²¹ Шредингер Э. Природа и греки. С. 75.

В качестве другого подхода к конструированию субъекта-наблюдателя можно использовать идеи Говарда Патти о наличии двух уровней, динамического и лингвистического, в любой самовоспроизводящейся системе – от отдельной клетки до социальных организмов.

Патти попытался обосновать «стратегический возврат к простейшим уровням биологической организации, где понятия измерения и интерпретации могут быть исследованы на их наиболее примитивных уровнях. На клеточном уровне мы можем, например, спросить, что появляется раньше: лингвистическая функция генетической ДНК или динамическое управление скоростью ферментами»²². С его точки зрения, биологическая клетка может служить моделью наблюдателя. Измерительный прибор, по его словам, «представляет собой физическое ограничение, которое неявно выполняет правило, обеспечивающее соотношение системы с элементом описания системы»²³.

В последнее время интерес к введению субъекта познания в структуру физической теории растет²⁴. Появился даже термин «эндофизика», которая «помещает наблюдателя внутрь Вселенной»²⁵.

Эти идеи позволяют рассмотреть вопрос о формировании новой (антропоцентрической) научной парадигмы, которая возьмет в качестве точки отсчета человека, его измерительные и вычислительные возможности.

Сегодня слово «антропоцентризм» воспринимается (иногда) в негативном смысле. Однако, чисто математическое развитие физики, создание моделей инфляционной вселенной может привести науку к полной потере эмпирических оснований физической науки.

Возможно, следует рассмотреть знание в соответствии с субъектом познания. Тогда вопрос – существовала ли квантовая механика до человека²⁶ – легко решается, как только мы спросим для кого?

²² Патти Г. Динамические и лингвистические принципы функционирования сложных систем // Концепция виртуальных миров и научное познание. СПб., 2000. С. 103.

²³ Там же. С. 98.

²⁴ Менский М.Б. Сознание и квантовая механика: жизнь в параллельных мирах. Фрязино, 2011.

²⁵ Аршинов В.И. Синергетика конвергирует со сложностью // Синергетика инновационной сложности. М., 2011.

²⁶ Этот вопрос имеет две стороны: существовала ли теория квантовой механики и существовали ли ее законы. Понятно, что теорию создает человек, но вот законы мы считаем объективными.

(Сложность состоит еще и в том, что само понятие законов природы является концептом, изобретенным западной цивилизацией, смысл которого может интерпретироваться по-разному. Законы могут «выражать некую сущность, стоящую за явлениями» или рассматриваться просто как сокращенная запись последовательностей событий воспринимаемых человеком, обладающим сознанием.)

До конца XIX в. ученые (субъект познания) были убеждены, что весь мир подчиняется законам классической механики, а сейчас полагают, что в мире действуют законы механики квантовой. Но, может быть, мир устроен еще более сложно? Ведь нам доступны лишь наши описания реальности, имеющие определенную степень точности. Если мы заменим в сформулированном выше вопросе «теорию» на «календарь» и спросим, существовали ли Григорианский и Юлианский календари до человека – то ответ будет однозначным. И тот, и другой календари лишь с разной точностью фиксируют космические процессы для людей, имеющих соответствующие знания.

Однако формализовать понятие субъекта познания (или, другими словами, поставить вопрос о границах живой (биологической²⁷) системы) достаточно сложно. Слишком мы привыкли к наличию сознания и зрительного восприятия. Интересно, что на одном семинаре в Институте философии РАН, где обсуждался вопрос необходимости внесения человека в процесс познания, вписать его во Вселенную (проблема, которой много внимания уделяет, в частности, Степп), молодые философы заявили, что это им и так очевидно, а на мой вопрос, где кончаются границы их телесности и начинаются границы Вселенной, один из них смог ответить только: «Ну, я должен посмотреть...».

Поэтому я предлагаю рассмотреть пару методологических задач, которые помогают обрести понимание работы модельных наблюдателей²⁸.

²⁷ Ведь в отличие от «Мира математических объектов» познанием занимается живой человек.

²⁸ Обе задачи были предложены мне в 80-е годы XX в. моим научным руководителем дипломной работы МФТИ О.Н.Пивоваровым, как и постановка проблемы границы биологической системы. Ниже будет приведено мое решение задачи «Самодвижущая повозка» и решение задачи «Цивилизация кротов», которое предложил С.Е.Пивоваров. Формулировки этих задач

Задача «Самодвижущаяся повозка» позволяет абстрагироваться от наличия зрения, которое дает возможность неявно использовать квантовые методы для измерений даже в рамках классической физики.

Итак, представим себе робота, который может самостоятельно передвигаться вперед, назад и совершать повороты. При этом, в качестве средства навигации, которое дает информацию о внешней реальности (окружающей среде) у него имеется только пушка, которая стреляет шариками от пинг-понга с определенной частотой. Робот ловит отраженные шарики и измеряет значения их импульсов. Вопрос – каковы ограничения на восприятие объектов внешнего мира данным роботом? Другими словами, есть ли ограничения на параметры внешней реальности, которые робот способен зарегистрировать?

Робот также снабжен возможностью обратного хода (выкатывания) из мест повышенных уровней электромагнитных полей, которые могут нарушать работу его программного обеспечения.

Дополнительно рекомендуется рассмотреть поведение роботов, программное обеспечение которых работает на различной элементной базе аппаратного обеспечения (электромагнитной, механической, пневматической и т. д.).

Итак, рассмотрим решение задачи в простейшем случае, когда робот-повозка покоится.

Введем обозначения:

p_1 – импульс пробного шарика до столкновения

p_2 – импульс пробного шарика после столкновения

P_1 – импульс мишени до столкновения

P_2 – импульс мишени после столкновения

M – масса мишени

m – масса шарика

Запишем закон сохранения импульса: $p_1 + P_1 = -p_2 + P_2$

Запишем закон сохранения энергии: $(p_1^2)/(2m) + (P_1^2)/(2M) = (p_2^2)/(2m) + (P_2^2)/(2M)$

Пусть исследуемый объект – мишень покоится. Тогда $P_1 = 0$.

Тогда получаем систему уравнений:

$$p_1 = -p_2 + P_2$$

$$(p_1^2)/(2m) = (p_2^2)/(2m) + (P_2^2)/(2M)$$

Решаем систему:

$$p_2 = P_2 - p_1$$

$$p_1 + p_2 = P_2$$

$$1/(2m) (p_1 - p_2)(p_1 + p_2) = (P_2^2)/(2M)$$

$$\text{Получаем: } p_1 - p_2 = (P_2 m)/(M)$$

Подставляя выражение для p_2 , получаем:

$$p_1 - P_2 + p_1 = (P_2 m)/(M)$$

Таким образом:

$$2 p_1 = P_2(1 + (m)/(M))$$

Получаем выражение для импульса мишени после столкновения с шариком:

$$P_2 = (2p_1)/(1 + (m)/(M))$$

$$p_2 = p_1 (-1 + 2/(1 + m/M)), \text{ т. е. } p_2 = p_1 ((M - m)/(M + m))$$

Неопределенность в импульсе мишени определяется разностью между конечным импульсом мишени и ее начальным импульсом:

$$\Delta P = P_2 - P_1 = (2p_1)/(1 + (m)/(M))$$

$$\text{Получаем } \Delta P = (2p_1)/(1 + (m)/(M))$$

Интересно, что «неопределенность» в измерении импульса мишени мы получили в рамках классической физики – она связана с ограничениями «наблюдателя» на его измерительные возможности – конечную массу пробного шарика.

В случае, когда масса шарика будет равняться массе покоящейся мишени, мы получаем «неопределенность» в импульсе мишени, равную импульсу пробного шарика. Для внешнего наблюдателя шарик остановится.

Когда масса мишени во много раз превышает массу пробного шарика, «неопределенность» будет в два раза больше – импульс вернувшегося шарика будет равным по модулю импульсу испущенного шарика и противоположным по направлению.

И только если масса пробного шарика во много раз превышает массу мишени, «неопределенность» в определении импульса будет равна нулю (для внешнего наблюдателя шарик улетит вместе с мишенью).

Неопределенность в определении координаты мишени возникает из-за того, что за время t_2 полета шарика, отраженного мишенью, назад к роботу, мишень пройдет путь, равный:

$$\Delta x = \Delta P / (M) t_2$$

Подставляя, полученное выше выражение для неопределенности импульса, получаем:

$$\Delta S = 2 / (m + M) p_1 t_2$$

Преобразуем это выражения, выразив время движения назад через измеримые для робота величины.

Пусть расстояние до мишени до взаимодействия равнялось S , тогда:

$$1). \text{ Время полета шарика до мишени } t_1 = S / v_1 = S (m) / p_1$$

$$2). \text{ Время полета шарика обратно } t_2 = S / v_2 = S (m) / p_2 = S (m) / (p_1 ((M + m) / (M - m)))$$

Робот измеряет время по своим часам, используя какой-либо периодический процесс с периодом τ ; регистрируемая величина интервала времени $T = n\tau$ равна полному времени полета шарика до мишени и обратно: $T = t_1 + t_2$

В общем случае к $t_1 + t_2$ нужно добавить еще время взаимодействия с мишенью σ

$$\text{То есть, в общем случае } T = t_1 + t_2 + \sigma$$

$$\text{Введем } \Omega = T - \sigma$$

Тогда получим систему:

$$t_1 = S (m) / p_1 ; t_2 = S (m) / (p_1 ((M + m) / (M - m)))$$

$$t_1 + t_2 = \Omega$$

$$S = p_1 t_2 (M - m) / (m (M + m))$$

$$t_1 = p_1 t_2 m (M - m) / (p_1 m (M + m)) = t_2 (M - m) / (M + m)$$

$$t_1 + t_2 = t_2 (1 + (M - m) / (M + m)) = 2 M t_2 / (M + m) = \Omega$$

$$\text{Итак, } t_2 = \Omega (M + m) / 2 M$$

Следовательно, для ΔS , получим:

$$\Delta S = (2 p_1 / (m + M)) (\Omega (M + m) / 2 M) = p_1 \Omega / M$$

$$\Delta S = p_1 \Omega / M$$

Перемножим полученные «неопределенности»:

$$\Delta P \Delta S = (2 M p_1 / (m + M)) (p_1 \Omega / M) = 2 (p_1)^2 \Omega / (m + M) = 2 (p_1)^2 2 m \Omega / 2 m (m + M) = ((p_1)^2 / 2 m) (4 \Omega / (1 + m / M))$$

$$\text{Введем энергию испускаемого шарика } E_1$$

Получим следующие выражение для «соотношения неопределенностей»:

$$\Delta P \Delta S = 4 \Omega E_1 / (1 + m / M) = 4 \Omega E_1 (m / M) / (1 + (m / M))$$

Если ничего неизвестно о времени взаимодействия с мишенью σ , то $\Delta P \Delta S$ будет больше или равно $4 (T - \sigma) E_1 (m / M) / (1 + (m / M))$.

В любом случае, T не может быть меньше элементарного времени срабатывания системы – периода часов τ , следовательно:

$$\Delta P \Delta S \text{ больше или равно } 4 \tau E_1 (m/M) / (1 + (m/M))$$

Справа находится величина с размерностью действия.

Если массы шарика и мишени совпадают, мы получаем, что

$$\Delta P \Delta S \text{ больше или равно } 2 \tau E_1$$

Если масса шарика много больше массы мишени, то

$$\Delta P \Delta S \text{ больше или равно } 4 \tau E_1$$

И только, когда масса мишени много больше массы шарика,

$$\Delta P \Delta S \text{ больше или равно нулю.}$$

Таким образом, простым классическим путем мы получили выражение, внешне похожее на соотношение неопределенностей в квантовой механике, которое можно вывести, например, с помощью мысленного опыта Гейзенберга с микроскопом²⁹.

Заметим, что все объекты и величины, использованные в предложенной задаче классические, осязаемые, наблюдаемые внешним наблюдателем.

Ограничения на возможности наблюдения реальности робота связаны с теми средствами очувствления (измерительными инструментами), которые ему доступны.

Подобные задачи дают некоторые основания полагать, что, возможно, дальнейшее продвижение фундаментальной науки может быть связано с выражением постоянной Планка через более фундаментальные константы, как, например, ускорение свободно-го падение оказалось связано с массой и радиусом Земли...

Вторая методологическая задача, условно называемая «Цивилизация кротов», также позволяет справиться со стереотипами восприятия.

Предположим, что существует цивилизация человекоподобных существ, которые не имеют зрительных анализаторов, и вся их цивилизация основана на слухе, т. е. на базе звуковых волн, в отличие от нашего общества, которая функционирует на основе электромагнитных волн видимого диапазона.

Предположим, что один из «кротов» в результате случайной мутации прозрел и обрел возможность видеть, а не просто слышать.

²⁹ Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 т. Т. 5: Атомная и ядерная физика. М., 2002. С. 122.

Вопрос: каковы различия в картине реальности у «зрячей» и «незрячей» цивилизаций?

Для решения задачи вспоминаем, что согласно специальной теории относительности наблюдателю, способному регистрировать кванты света, доступен конус реальности, ограниченный скоростью света.

Наблюдателю, способному регистрировать только звуковые волны, доступен гораздо более узкий конус реальности, который определяется скоростью звука.

Следует заметить, что для того, чтобы цивилизации стать «зрячей», достаточно, чтобы хотя бы один член сообщества обладал способностью зрения, так же как для того, чтобы создать теорию относительности, оказалось достаточно гения одного Эйнштейна.

При этом ученый не существует в вакууме, теоретику нужны экспериментаторы, экспериментаторам нужны установки, которые делают инженеры, инженерам нужны конструкционные материалы и т. д.

Поэтому конструирование субъекта познания связано с понятием границы (телесности, тела) цивилизации.

Понятие «неорганическое тело цивилизации», благодаря академику Стёпину, вошло уже в учебники для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук³⁰. В.С.Стёпин отмечает, что человек «включен в природу в качестве особого компонента». Орудия и средства, применяемые в производственной деятельности (станки, машины, энергетические установки, компьютерные системы и т. п.), многообразные предметы бытовой техники от простейших (стол, стул, нож, ложка, вилка, посуда) до более сложных, возникших на современном уровне развития цивилизации (телевизор, холодильник, персональный компьютер), гидростанции, заводы, дома и города, дороги и транспортные средства – все это многообразие созданного человеком предметного мира (второй природы) функционально служит своеобразным продолжением и дополнением человеческого тела. Только благодаря постоянному взаимодействию с этим миром, его воспроизводству и развитию возможна человеческая жизнь. К.Маркс образно характеризовал этот мир как «неорганическое тело че-

³⁰ Стёпин В.С. История и философия науки: Учебник для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук. М., 2001. С. 87–94.

ловека». Такая характеристика является не просто метафорой. Она выражает понимание человека как существа, бытие которого определено его особой телесностью, включающей два взаимосвязанных компонента: биологическую организацию человеческого тела и его «неорганическое тело³¹».

Введение понятия телесности, причем включающей не только природно-биологические, но искусственно-созданные составляющие, представляется очень перспективным.

Академик Стёпин полагает, что «лишь на ранних стадиях становление человека в процессе антропогенеза происходило совместное, взаимосвязанное развитие биологической организации человеческого тела и орудий труда как искусственных органов человека³²». Затем человек в биологическом плане не меняется, а изменяется и усложняется его «неорганическое тело». Эта схема хороша для социологического уровня описания цивилизации.

Чтобы применить понятие телесности, границы субъекта познания (наблюдателя, биологической системы), придется вспомнить, что, с одной стороны, «неорганическое» тело как раз представлено органическими структурами (создающими серьезные экологические проблемы, например, проблема утилизации пластика), а с другой стороны, биологическое тело все больше включает различные искусственные имплантаты: от тривиальных зубных пломб до водителей сердечного ритма. (Сюда же можно отнести всякие вводимые в организм с той или иной целью химические вещества.)

Идея Шредингера о том, что внешний мир и наблюдатель состоят из одних и тех же элементов, позволяет от двух уровней телесности перейти к одному, т. к. на сегодняшний день установлено, что сами биологические структуры состоят из тех же элементов, что и окружающая их внешняя среда.

Именно такой подход, выделяющий предельные уровни, на которых может функционировать данное общество, может служить критерием различного уровня развития цивилизаций. Нижний уровень границы «тела» цивилизации определяет те материальные уровни, которые может задействовать данное общество в своей производительной деятельности. Так, в будущем, благодаря нано-

³¹ Стёпин В.С. История и философия науки. С. 87–88.

³² Там же. С. 89.

технологиям, продукты производства будут собираться из атомов и молекул, что в принципе недостижимо для сообществ, овладевших только «механической формой движения материи» и не имеющих доступа к структурам атомного уровня.

Верхний уровень границы «тела» цивилизации связан с максимальными глобальными территориально пространственными структурами, доступными данному обществу. Цивилизация может быть ограничена сухопутными границами, быть морской державой, выходить в космос и опускаться в океанские глубины. Расширение границ данного общества достигается не просто улучшением действующих сухопутных средств передвижения. Необходимо развитие фундаментального знания, которое позволяет подниматься в воздух, опускаться под воду и двигаться в безвоздушном пространстве.

В общем случае верхний уровень связан с нижним уровнем. Это обусловлено требованием обеспечения целостности (когерентности) «тела» цивилизации. Для освоения глубин океана и космических просторов необходимо иметь средства связи и доставки, которые определяются глубиной освоения данным сообществом нижнего уровня «тела» цивилизации.

Только с введением понятия границы цивилизации понятие «общество, основанное на знаниях» приобретает смысл, это объективный критерий отличия различных сообществ, т. к. и первобытное общество, и средневековое, и современное основаны на знаниях.

Цивилизация естественно включает в себя научное сообщество в качестве подсистемы. Соответственно, можно говорить о «теле» науки в качестве подсистемы «тела» цивилизации. «Тело» науки помимо ученых включает в себя приборы и средства эксперимента, системы коммуникации и т. д. Роль культуры, которая является подобием генома, ответственным за воспроизводство цивилизации, в науке играют системы понятий, гипотезы, теории и методология, которые отвечают за сохранение достигнутого уровня научного знания.

Понятие субъекта познания и его границы принадлежат подсистеме «научное сообщество». При этом важной составляющей «тела» науки является ученый – человек, а значит, биологическая система. Поэтому развитие понятия границы биологической системы становится необходимым, чтобы наполнить смыслом понятие «субъекта познания».

Классический математический подход определения границы хорош для робота, сконструированного человеком, который знает, на каких уровнях организации материи функционирует его конструкция. В классической математике граница данного множества определяется как множество точек, таких, что сколь угодно малая окрестность каждой точки границы включает как точки данного множества, так и точки, не принадлежащие данному множеству.

Указанное определение хорошо для внешнего наблюдателя, исследующего границу неизвестной системы. Попробуйте, однако, применить его, встав на позицию робота, у которого в качестве внешнего анализатора присутствуют шарики для пинг-понга. Чтобы получить представления об очертаниях своего корпуса, роботу придется найти надежную ровную стену и просканировать свою внешнюю поверхность, используя двойной отскок от стены.

Что касается задачи определения элементной базы, на которой работает его программное обеспечение, то здесь ему придется проводить различные тесты, но и они могут дать только косвенную информацию, например, по быстродействию аппаратного обеспечения.

Определение же границы биологической системы задача еще более сложная³³. (Следует заметить, что именно проблема границ является главной проблемой концепции автопоэзиса Варелы и Матураны.) Лейбниц, например, полагал, что отличие живого от не живого как раз и состоит в том, что в живой системе присутствует бесконечное число подуровней.

Например, мы уже упоминали имплантанты в составе биологической системы. Входят они в состав биологической системы или нет – вопрос дискуссионный. Хакен и Португали, вообще, считают, что даже внешние записи, а значит, и такой предмет, как очки, входят в состав описываемой биологической системы. (Важно отметить, что определение системы в парадигме сложности отличается от определения системы в рамках классической системной парадигмы, где используются такие слова, как целостность, взаимодействие частей и т. д. Система – это, прежде всего, рекурсивно самовоспроизводящаяся (автопоэзис) граница раздела

³³ Более подробно проблема границы биологической системы обсуждалась в статьях: *Пивоваров О.Н.* и др. Физические процессы на границе живых систем // *Современные технологии: философско-методологические проблемы.* М., 2010. С. 179–203.

в триединстве «система–граница–окружающая среда». Это – форма, рекурсивно развертывающаяся во времени. Поэтому у каждой системы – своя среда (среда обитания, жизненный мир, Умвельт.)

Возникает также вопрос о физических полях биологических объектов. Известно, что кровь представляет собой поток заряженных частиц, вокруг сердца существует электромагнитное поле. Входят ли эти поля в состав биологической системы, определяют ли они ее внешние границы или нет? Ясно, что этот вопрос напрямую связан с возможностями наблюдения и методикой эксперимента.

Понятие границы биологической системы позволяет по-новому взглянуть и на функционирование мозга. Достаточно ли для обеспечения мышления уровня биохимических процессов или они осуществляются на более глубоких материальных уровнях, например, на уровне элементарных частиц.

О.Н.Пивоваров выдвинул гипотезу о том, что мозг человека можно представить в виде функционирования одновременно цифрового и аналогового компьютеров. Согласно его идее перед созданием принципиально новой фундаментальной теории в мозгу физика-теоретика формируется аналоговая модель изучаемого явления (по существу, создается аналоговый компьютер), а затем идет процесс оформления полученного открытия формально-логическим способом с использованием уже цифрового компьютера.

Более того, О.Н.Пивоваров предположил, что в процессе эволюции система усложняет себя на всех подсистемах...

Есть основания полагать, что развитие понятия границы биологической системы позволит ввести понятие наблюдателя в структуру физической теории. С философско-методологической точки зрения этот процесс представляется в виде возврата к антропоцентрической системе, к пониманию на новом уровне принципа Протагора – человек (наблюдатель) должен осознать свои границы (и пространственные и временные), понять, какие части мироздания доступны его экспериментальному инструментарию.

Понять свои границы и описать их – означает выйти за их рамки. Таким образом, очень вероятно, что после того, как будут описаны границы наблюдателя, исследователям откроются новые горизонты фундаментальной науки как исторически развертывающегося процесса человеческого мышления и деятельности в сложном мире, частью которого он сам является.