

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное агентство по образованию

Курганский государственный университет

**ХРЕСТОМАТИЯ ПО УЧЕБНОМУ КУРСУ
«КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»**

Часть I

ФИЗИКА

Курган 2006

УДК

113

119 (075)

Хрестоматия по учебному курсу «Концепции современного естествознания». Часть I. Физика / Сост. Г.В., Богомолова, Л.Ф. Остроухова – Курган: Изд-во Курганского гос.-та, 2006. – 148 с.

Печатается по решению учебно-методического совета Курганского государственного университета

Рецензенты: кафедра философии и истории КСХА им.Т.С.Мальцева (зав.кафедрой канд.филос.наук, доц. Л.Х.Цибаев); канд.филос.наук, доц., зав.кафедрой социально-гуманитарных дисциплин Курганского института государственной и муниципальной службы В.Г.Татаринцев.

В хрестоматии представлены фрагменты, взятые из работ известных западных и отечественных ученых-физиков и философов, осмысление которых поможет студентам при подготовке к семинарским занятиям, зачетам и экзаменам по учебному курсу «Концепции современного естествознания»

Отв.редактор: канд.филос.наук., проф., зав.кафедрой философии
И.Н.Степанова.

© Курганский
государственный
университет, 2006.

1. ДВЕ КУЛЬТУРЫ: ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНАЯ И ГУМАНИТАРНАЯ

Ч.П.Сноу. Две культуры

Примерно три года назад я коснулся в печати одной проблемы, которая уже давно вызывала у меня чувство беспокойства. Я столкнулся с этой проблемой из-за некоторых особенностей своей биографии... Все дело в необычности моего жизненного опыта. По образованию я ученый, по призванию – писатель. Вот и все. Но я не собираюсь рассказывать сейчас историю своей жизни. Мне важно сообщить только одно: мне выпало редкое счастье наблюдать вблизи один из наиболее удивительных творческих взлетов, которые знала история физики...

Так случилось, что в течение тридцати лет я поддерживал контакт с учеными не только из любопытства, но и потому, что это входило в мои повседневные обязанности. И в течение этих же тридцати лет я пытался представить себе общие контуры еще не написанных книг, которые со временем сделали меня писателем.

Очень часто – не фигурально, а буквально – я проводил дневные часы с учеными, а вечера со своими литературными друзьями. Само собой разумеется, что у меня были близкие друзья как среди ученых, так и среди писателей. Благодаря тому, что я тесно соприкасался с теми и другими, и, наверное, еще в большей степени благодаря тому, что все время переходил от одних к другим, меня начала занимать та проблема, которую я назвал для самого себя «две культуры» еще до того, как попытался изложить ее на бумаге. Это название возникло из ощущения, что я постоянно соприкасаюсь с двумя разными группами, вполне сравнимыми по интеллекту, принадлежащими к одной и той же расе, не слишком различающимися по социальному происхождению, располагающими примерно одинаковыми средствами к существованию и в то же время почти потерявшими возможность общаться друг с другом, живущими настолько разными интересами, в такой непохожей психологической и моральной атмосфере, что, кажется, легче пересечь океан...

Мне кажется, что духовный мир западной интеллигенции все явственнее поляризуется, все явственнее раскалывается на две противоположные части. Говоря о духовном мире, я в заключительной мере включаю в него и нашу практическую деятельность, так как отношусь к тем, кто убежден, что, по существу, эти стороны жизни нераздельны. А сейчас о двух противоположных частях. На одном полюсе – *художественная интеллигенция*, которая случайно, пользуясь тем, что никто этого вовремя не заметил, стала называть себя просто интеллигенций, как будто никакой другой интеллигенции вообще не существует. Вспоминаю, как однажды в 30-е годы Харди с удивлением сказал мне: «Вы заметили, как теперь стали употреблять слова «интеллигентные люди»? Их значение так изменилось, что Резерфорд, Эддингтон, Дирак, Адриан и я – все мы уже, кажется, не подходим под это новое определение! Мне это представляется довольно странным, а вам?»

Итак, на одном полюсе – *художественная интеллигенция*, на другом – *ученые*, и как наиболее яркие представители этой группы – физики. Их разделяет стена непонимания, а иногда – особенно среди молодежи – даже антипатии и вражды. Но главное, конечно, непонимание. У обеих групп странное, извращенное представление друг о друге. Они настолько по-разному относятся к одним и тем же вещам, что не могут найти общего языка даже в плане эмоций...

На одном полюсе – культура, созданная наукой. Она действительно существует как определенная культура не только в интеллектуальном, но и в антропологическом смысле. Это значит, что те, кто к ней причастен, не нуждаются в том, чтобы полностью понимать друг друга, что и случается довольно часто. Биологи, например, сплошь и рядом не имеют ни малейшего представления о современной физике. Но биологов и физиков объединяет общее отношение к миру; у них одинаковый стиль и одинаковые нормы поведения, аналогичные подходы к проблемам и родственные исходные позиции. Эта общность удивительно широка и глубока. Она прокладывает себе путь наперекор всем другим внутренним связям: религиозным, политическим, классовым.

Я думаю, что при статистической проверке среди ученых окажется несколько больше неверующих, чем среди остальных групп интеллигенции, а в младшем поколении их, по-видимому, становится еще больше, хотя и верующих ученых тоже не так мало. Та же статистика показывает, что большинство научных работников придерживаются в политике левых взглядов, и число их среди молодежи, очевидно, возрастает, хотя опять-таки есть немало и ученых-консерваторов. Среди ученых Англии и, наверное, США людей из бедных семей значительно больше, чем среди других групп интеллигенции. Однако ни одно из этих обстоятельств не оказывает особенно серьезного влияния на общий строй мышления ученых и на их поведение. По характеру работы и по общему складу духовной жизни они гораздо ближе друг к другу, чем к другим интеллигентам, придерживающимся тех же религиозных и политических взглядов или вышедшим из той же среды. Если бы я рискнул перейти на стенографический стиль, я сказал бы, что всех их объединяет будущее, которое они несут в своей крови. Даже не думая о будущем, они одинаково чувствуют перед ним свою ответственность. Это и есть то, что называется *общей культурой*.

На другом полюсе отношение к жизни гораздо более разнообразно. Совершенно очевидно, что, если кто-нибудь захочет совершить путешествие в мир интеллигенции, проделав путь от физиков к писателям, он встретит множество различных мнений и чувств. Но я думаю, что полюс абсолютного непонимания науки не может влиять на всю сферу своего притяжения. Абсолютное непонимание, распространенное гораздо шире, чем мы думаем, - в силу привычки мы просто этого не замечаем, - придает привкус ненаучности всей «традиционной» культуре, и часто – чаще, чем мы предполагаем, - эта ненаучность едва удерживается на грани антинаучности...

Поляризация культуры – очевидная потеря для всех нас. Для нас, как народа, для нашего современного общества. Это практическая, моральная и творческая потеря, и я повторяю: напрасно было бы полагать, что эти три момента можно

полностью отделить один от другого. Тем не менее, сейчас я хочу остановиться на моральных потерях.

Ученые и художественная интеллигенция до такой степени перестали понимать друг друга, что это стало навязшим в зубах анекдотом. В Англии около 50 тысяч научных работников в области точных и естественных наук и примерно 80 тысяч специалистов (главным образом инженеров), занятых приложениями науки. Во время Второй мировой войны и в послевоенные годы моим коллегам и мне удалось опросить 30-40 тысяч тех и других, то есть примерно 25%. Это число достаточно велико, чтобы можно было установить какую-то закономерность, хотя большинству тех, с кем мы беседовали, было меньше сорока лет. Мы составили некоторое представление о том, что они читают и о чем думают. Признаюсь, что при всей своей любви и уважении к этим людям я был несколько подавлен. Мы совершенно не подозревали, что их связи с традиционной культурой настолько ослабели, что свелись к вежливым кивкам...

Живут же они своей полнокровной, вполне определенной и постоянно развивающейся культурой. Ее отличает множество теоретических положений, обычно гораздо более четких и почти всегда значительно лучше обоснованных, чем теоретические положения писателей. И даже тогда, когда ученые, не задумываясь, употребляют слова не так, как писатели, они всегда вкладывают в них один и тот же смысл; если, например, они употребляют слова «субъектный», «объектный», «философия», «прогрессивный», то великолепно знают, что именно имеют в виду, хотя часто подразумевают при этом совсем не то, что все остальные.

Не будем забывать, что мы говорим о высокоинтеллигентных людях. Во многих отношениях их строгая культура заслуживает всяческого восхищения. Искусство занимает в этой культуре весьма скромное место, правда за одним, но весьма важным исключением – музыки. Обмен мнениями, напряженные дискуссии, долгоиграющие пластинки, цветная фотография: кое-что для ушей, немного для глаз. Очень мало книг...

И почти ничего из тех книг, которые составляют повседневную пищу писателей: почти никаких психологических и исторических романов, стихов, пьес. Не потому, что их не интересуют психологические, моральные и социальные проблемы. С социальными проблемами ученые, безусловно, соприкасаются чаще многих писателей и художников. В моральном отношении они, в общем, составляют наиболее здоровую группу интеллигенции, потому что в самой науке заложена идея справедливости, и почти все ученые самостоятельно вырабатывают свои взгляды по различным вопросам морали и нравственности. Психологией ученые интересуются в такой же мере, как и большинство интеллигентов, хотя иногда мне кажется, что интерес к этой области появляется у них сравнительно поздно. Таким образом, дело, очевидно, не в отсутствии интереса. В значительной мере проблема заключается в том, что литература, связанная с нашей традиционной культурой, представляется ученым «не относящейся к делу». Разумеется, они жестоко ошибаются. Из-за этого страдает их образное мышление. Они обкрадывают самих себя.

А другая сторона? Она тоже многое теряет. И может быть, ее потери даже серьезнее, потому что ее представители более тщеславны. Они все еще претендуют на то, что традиционная культура – это и есть вся культура, как будто существующее положение вещей на самом деле не существует. Как будто попытка разобраться в сложившейся ситуации не представляет для нее никакого интереса ни сама по себе, ни с точки зрения последствий, к которым эта ситуация может привести. Как будто современная научная модель физического мира по своей интеллектуальной глубине, сложности и гармоничности не является наиболее прекрасным и удивительным творением, созданным коллективными усилиями человеческого разума! А ведь большая часть художественной интеллигенции не имеет об этом творении ни малейшего представления. И не может иметь, даже если бы захотела. Создается впечатление, что в результате огромного числа последовательно проводимых экспериментов отсеялась целая группа людей, не воспринимающих какие-то определенные звуки. Разница только в том, что это

частичная глухота – не врожденный дефект, а результат обучения или, вернее, отсутствия обучения. Что же касается самих полуглухих, то они просто не понимают, чего были лишены. Узнав о каком-нибудь открытии, сделанном людьми, никогда не читавшими великих произведений английской литературы, они сочувственно посмеиваются. Для них эти люди просто невежественные специалисты, которых они сбрасывают со счета. Между тем их собственное невежество и узость их специализации ничуть не менее страшны. Множество раз мне приходилось бывать в обществе людей, которые по нормам традиционной культуры считаются высокообразованными. Обычно они с большим пылом возмущаются литературной безграмотностью ученых. Как-то раз я не выдержал и спросил, кто из них может объяснить, что такое второй закон термодинамики. Ответом было молчание или отказ. А ведь задать этот вопрос ученому значит примерно то же самое, что спросить у писателя: «Читали ли вы Шекспира?»

Сейчас я убежден, что если бы я поинтересовался более простыми вещами, например тем, что такое масса или что такое ускорение, то есть опустился бы до той ступени научной трудности, на которой в мире художественной интеллигенции спрашивают: «Умеете ли вы читать?», то не более чем один из десяти высококультурных людей понял бы, что мы говорим с ним на одном и том же языке. Получается так, что величественное здание современной физики устремляется ввысь, а для большей части проницательных людей западного мира оно так же непостижимо, как и для их предков эпохи неолита...

Сноу Ч. Две культуры. – М., 1973.

В.Гейзенберг

***О соотношении гуманитарного образования,
естествознания и западной культуры***

Какие же доводы постоянно приводят представители гуманитарной мысли в пользу занятия древними языками и древней историей? Прежде всего, они справедливо указывают на то, что вся наша культурная жизнь, наши поступки,

мысли и чувства коренятся в духовной субстанции Запада, то есть связаны с тем типом духовности, который зародился в античности, у начала которой стоят греческое искусство, греческая поэзия и греческая философия. Позже, в эпоху христианства, вместе с формированием церкви этот тип духовности претерпел глубокое изменение, чтобы наконец на исходе Средневековья, великолепно объединив христианское благочестие с духовной свободой античности, мысленно охватить весь мир как единый мир Божий и далее, в процессе географических открытий, развития естественных наук и техники, радикально изменить его облик. Иными словами, во всех сферах современной жизни, если только систематически, исторически или философски – мы входим в суть дела, мы наталкиваемся на духовные структуры, восходящие к античности или христианству. Вот почему в защиту гуманитарных гимназий можно сказать, что такие структуры полезно знать, даже если в практической жизни не так уж часто возникает в них нужда.

Во-вторых, подчеркивается, что вся сила нашей западноевропейской культуры проистекает и всегда проистекала из тесной связи практической деятельности с постановкой принципиальных проблем. Другие народы и культуры были столь же искушенными в практической деятельности, как и греки, но что с самого начала отличало греческое мышление от мышления других народов – это способность обращать всякую проблему в принципиальную и тем самым занимать такую позицию, с точки зрения которой можно было бы упорядочить пестрое многообразие эмпирии и сделать его доступным человеческому разумению. Связь практической деятельности с постановкой принципиальных проблем – основное, что отличало греческую культуру, а когда Запад вступил в эпоху Ренессанса, эта связь оказалась в центре нашей исторической жизни и создала современное естествознание и технику. Кто занимается философией греков, на каждом шагу наталкивается на эту способность ставить принципиальные вопросы, и, следовательно, читая греков, он упражняется в умении владеть одним из наиболее мощных интеллектуальных орудий,

выработанных западноевропейской мыслью. Вот почему можно сказать, что мы и в гуманитарной гимназии учимся чему-то весьма полезному.

Наконец, в-третьих, справедливо говорится, что занятие античностью формирует в человеке такую шкалу ценностей, в которой духовные ценности ставятся выше материальных. Ведь любой след, оставленный греками, непосредственно свидетельствует о примате духовного. Правда, как раз в этом пункте современный человек может возразить, что-де наше время показало, будто все зависит именно от материального могущества, от запасов сырья и уровня индустрии, и материальное могущество сильнее любого духовного. Поэтому стремление научить детей ставить духовные ценности выше материальных, по сути дела, не отвечает духу нашего времени.

* * *

Великий, наполняющий нашу эпоху поток науки и техники исходит, стало быть, из двух источников, лежащих в сфере античной философии. И хотя за это время он впитал в себя также и другие влияния, умножившие его плодотворные воды, истоки его все еще достаточно хорошо различимы. Вот почему и естественные науки могут извлечь пользу из гуманитарного образования. Разумеется, те, кто считает более важным практическую подготовку юношества к жизненной борьбе, всегда могут возразить, что знание этих духовных истоков все-таки не имеет большого значения для практической жизни. Чтобы успешно существовать, говорят они, надо овладевать навыками, практически необходимыми в современной жизни: новыми языками, технологическими методами, сноровкой в делах и расчетах, - а гуманитарное образование – только украшение, только роскошь, которой могут пользоваться лишь те немногие, кому судьба более, чем другим, облегчила борьбу за жизнь.

Возможно, для многих людей, которые всю жизнь занимаются практической деятельностью и не стремятся содействовать духовному формированию нашей эпохи, эти доводы являются вполне убедительными. Но тот, кто этим не довольствуется, кто хочет дойти до самой сути в том деле, которым он занимается,

будь это техника или медицина, - тот рано или поздно придет к этим античным истокам и многое приобретет для своей собственной работы, если научится у греков радикальности мышления, постановке принципиальных проблем. Мне кажется, что, например, труды Макса Планка позволяют достаточно ясно увидеть, какое плодотворное влияние оказала на его мышление гуманитарная школа. Здесь можно, пожалуй, сослаться и на мой собственный опыт.

...Мы хотим, чтобы вопреки всей внешней смуте наша молодежь вырастала в духовной атмосфере Запада, чтобы она достигла тех животворных истоков, которыми живет наш европейский мир вот уже более двух тысяч лет. Как именно это произойдет – не столь важно. Выступаем ли мы за гуманитарную гимназию или за другой вид школьного образования – суть не в этом. В любом случае и прежде всего мы выступаем за западноевропейскую культуру.

Гейзенберг В. Шаги за горизонт. – М., 1987.-С. 35-36, 40-41, 43-45.

В.Вайскопф. Физика в XX столетии

В 1939 г., через два года после того как мы прибыли в Америку, разразилась Вторая мировая война. Вначале Соединенные Штаты оставались в стороне от войны, но на науку и ученых война оказала большое влияние задолго до того, как США открыто вступили в войну в 1941 г. Большинство моих друзей-физиков стали заниматься радиолокаторами. (Проблема создания атомной бомбы возникла позже.) Ю.Швингер был большим специалистом по радиолокаторам, в то время он разработал теорию волноводов. Часть европейцев, приехавших из Германии и Австрии, которые, вроде меня, прибыли в Соединенные Штаты сравнительно недавно, все еще рассматривалась как «враждебные иностранцы», их не допускали к военным работам, но привлекали к обучению студентов. В то время я преподавал теоретическую физику в Рочестере, Итаке и других местах, заменял ученых, которые перешли в военные лаборатории. Это была довольно интересная работа.

Разрешите мне теперь обратиться к открытию деления ядра и к его использованию для создания бомбы и получения энергии. В 1942 г. Э.Ферми удалось осуществить цепную реакцию, и техническое применение процесса деления стало реальной возможностью. Многих физиков попросили присоединиться к работе над этой проблемой независимо от того, являются они «враждебными иностранцами» или не являются. Необходим был мощный интеллект. В начале 1943 г. Р.Оппенгеймер попросил меня присоединиться к группе физиков в Лос-Аламосе для работы над атомной бомбой.

Работа над делением урана неизбежно привела Бора в ту область, где физика и дела человеческие безнадежным образом переплелись. Однако и до этих открытий он был хорошо знаком с проблемами человечества. Он был необычайно чувствителен к делам мира, в котором жил. Он раньше многих других понял, что атомная физика должна сыграть решающую роль в судьбе цивилизации и человечества, что науку нельзя отделить от остального мира. События мировой истории скорее чем можно было ожидать доказали это. В тридцатые годы башня из слоновой кости, в которой укрывалась наука, была разрушена. Это было время нацистского режима в Германии, и в Копенгаген тек поток ученых-беженцев, находивших там помощь и поддержку Бора. Многих он пригласил остаться в то время у него: Франк, Хевеши, Плачек, Фриш, автор настоящего очерка и множество других нашли приют в Копенгагене, где смогли продолжать научную работу. Но не только это. Институт Бора был опорой для всех деятелей науки, нуждавшихся в помощи, и многие ученые были устроены в других местах — в Англии, в Соединенных Штатах — благодаря его содействию. Затем наступили годы войны. Дания была оккупирована немцами в апреле 1940 г. Бор не только отказался сотрудничать с нацистскими властями, но и был тесно связан с Датским движением сопротивления. Поэтому скоро ему пришлось покинуть Данию — он бежал в Швецию, а затем через Англию в Соединенные Штаты.

Здесь начался четвертый период жизни Бора. Он присоединился к большой группе ученых в Лос-Аламосе, работавшей в это время над применением ядерной

энергии в военных целях. Его не испугала эта наиболее сомнительная сторона научной деятельности. Он воспринял ее как необходимость. В то же время, именно его вера в гуманные идеалы, прозорливость и надежда на мир заставили столь многих людей в этой кузнице оружия думать о будущем и готовиться к стоящим впереди задачам. Он верил, что, несмотря на смерть и разрушение, будущее мира, преобразованного научными знаниями, прекрасно.

В то время Бор активно пытался разъяснить ведущим государственным деятелям Запада опасности и возможности, связанные с разработкой атомной бомбы. Он хотел, чтобы люди, находящиеся у власти, использовали это новое важное достижение науки для создания более открытого мира, в котором научный прогресс привел бы к объединению усилий Востока и Запада. Он виделся с Рузвельтом, Черчиллем и другими государственными деятелями и быстро понял трудности и разгадал ловушки дипломатии. Бору вполне удалось привлечь к своим идеям многих важных государственных деятелей, включая Рузвельта, однако его встреча с Черчиллем окончилась полным провалом. Черчилль никак не хотел делиться секретными сведениями с Россией и даже обвинил Бора в излишнем дружелюбии к русским.

Политическая концепция Бора не дала каких-либо плодов. Ничего не дали и другие попытки придать международный характер разработкам ядерной технологии, с тем чтобы избежать гонки вооружений между могущественными державами. Вскоре после войны при Организации Объединенных Наций была создана Международная комиссия по атомной энергии под председательством старого друга и сотрудника Бора Крамерса, но сложная, связанная с недальновидной политикой, обстановка конфликта между Востоком и Западом не допустила каких-либо далекоидущих шагов, чтобы преодолеть этот конфликт и обратиться к гораздо более серьезным и глубоким аспектам предотвращения возможной ядерной войны. Бор и все остальные, думавшие так же, как он (а во всем мире таких людей было немало), глубоко разочаровались. Бор завершил свои усилия по налаживанию международного взаимопонимания в отношении

ядерного оружия знаменитым письмом в Организацию Объединенных Наций, написанным в 1950 г., в котором он отстаивал необходимость открытого мира.

В последнее десятилетие своей жизни Бор много занимался организацией международной научной деятельности. Он принимал активное участие в основании Скандинавского института атомной физики (NORDITA) и новой Европейской лаборатории, в которой ученые из всех стран Европы должны были участвовать в самых современных фундаментальных исследованиях. Бор помог создать ЦЕРН, в котором находится один из крупнейших в мире ускорителей частиц. Ускорители частиц высоких энергий позволили продвинуться дальше изучения ядерной структуры и исследовать строение составных частей ядра, мир внутри протона и нейтрона. Бор воспринял это как логическое продолжение того, с чего он и его друзья начинали. Он понимал необходимость развития физики в крупном, международном масштабе. Ни в какой другой области узкие рамки национализма не оказываются более ветхими и неуместными, чем в поисках новых знаний о Вселенной.

Вайскопф В. Физика в XX веке. – М., 1977.- С. 60-62.

В.Гейзенберг.

Наука как средство взаимного понимания народов

Часто говорят, что наука является средством связи между народами и служит их взаимопониманию. Вполне справедливо всегда подчеркивается, что наука интернациональна и что она направляет мышление человека на вопросы, которые близки многим народам и в решении которых могут в равной мере принимать участие ученые самых различных наций, рас и религий. Однако, говоря сейчас об этой важной роли науки, нельзя слишком упрощать данный вопрос. Мы должны обсудить и противоположное утверждение, которое еще свежо в нашей памяти, — утверждение, что наука национальна, что мышление разных рас существенно различно, следовательно, различна и их наука. Далее, считалось, что наука должна была, прежде всего, служить своему собственному народу и

способствовать укреплению его политической власти. Во-первых, говорили сторонники этого взгляда, наука образует основу техники, а следовательно, основу всякого прогресса и военной мощи; во-вторых, задача чистой науки состоит в том, чтобы поддерживать то мировоззрение и ту веру, которые рассматривались как основа политической власти своего собственного народа. Какая же из этих точек зрения правильна и насколько убедительны аргументы, приводимые в пользу каждой из них?

1. Чтобы выяснить этот вопрос, нужно, прежде всего, знать, как собственно развивается наука, каким образом у человека возникает интерес к той или иной научной проблеме и как он сталкивается с людьми, которые, как и он, заинтересовались ею. Так как я хорошо знаю только свою специальную науку, то будет простиительно, если я буду, прежде всего, говорить об атомной физике и расскажу вам о моих занятиях в этой области в студенческие годы.

Когда я в 1920 г. окончил школу и поступил в Мюнхенский университет, положение молодежи в то время очень напоминало настоящее. Поражение в Первой мировой войне вызвало глубокое разочарование в тех идеалах, во имя которых велась проигранная война. Идеалы эти стали казаться бессодержательными, и мы сочли себя вправе самостоятельно искать ответ на вопрос о том, что в этом мире ценно и что не имеет никакой цены, не спрашивая об этом наших родителей и учителей. При этом наряду со многими другими ценностями мы как бы заново открыли науку. Изучив несколько популярных книг, я заинтересовался вопросом о природе атомов и захотел разобраться в тех необычайных утверждениях о пространстве и времени, которые выдвигались тогда теорией относительности. Я начал посещать лекции Зоммерфельда, впоследствии ставшего моим учителем, который еще больше усилил во мне этот интерес и от которого в течение семестра я узнал о новом, более глубоком понимании атомов, развитом благодаря исследованиям Рентгена и Планка, Резерфорда и Бора. Я узнал, что датчанин Нильс Бор и англичанин Резерфорд представляли себе строение атома в виде миниатюрной планетарной системы и

предполагали, что все химические свойства элементов когда-нибудь удастся вывести с помощью теории Бора из планетарных орбит электронов, чего, однако, в то время достигнуть еще не удавалось. Этот последний пункт, естественно, заинтересовал меня больше всего, и каждая новая работа Бора придиричиво и страстно обсуждалась на семинарах в Мюнхене. Можете себе представить, что для меня значило приглашение Зоммерфельда поехать летом 1921 г. вместе с ним в Геттинген слушать цикл лекций Нильса Бора о его атомной теории, которые он собирался прочесть в этом самом университетском здании. Цикл лекций в Геттингене, названный впоследствии «Фестивалем Бора», во многом определил мое отношение к науке и особенно к атомной физике.

Прежде всего, мы могли почувствовать в лекциях Бора всю силу мысли человека, который действительно глубоко овладел этими проблемами и понимал их так, как никто другой во всем мире. По некоторым пунктам я уже и раньше, в Мюнхене, имел определенное мнение, отличное от того, что говорил по этому поводу Бор в своих докладах. Эти вопросы были основательно обсуждены с ним во время совместных прогулок в окрестностях Рона и Гейнберга.

Эти беседы произвели на меня сильное впечатление. Я тогда понял, что если кто-либо пытается выяснить строение атома, то совершенно безразлично, кто он — немец, датчанин или англичанин. Я усвоил также и нечто, быть может, еще более важное: в науке всегда можно, в конце концов, решить, что правильно и что ложно; она имеет дело не с верой, мировоззрением или гипотезой, но, в конечном счете, с теми или иными определенными утверждениями, из которых одни правильны, другие неправильны, причем вопрос о том, что правильно и что неправильно, решают не вера, не происхождение, не расовая принадлежность, а сама природа или, если хотите, Бог, но во всяком случае не люди.

Обогащенный всем этим, я вернулся в Мюнхен и под руководством Зоммерфельда продолжал заниматься своими экспериментами по исследованию строения атома. Сдав экзамен на ученую степень доктора, я поехал осенью 1924 г. в Копенгаген для того, чтобы на средства так называемого рокфеллеровского

фонда работать у Бора. Здесь я вошел в круг молодежи самых различных национальностей — англичан, американцев, шведов, норвежцев, датчан и японцев. Все они хотели работать над одной и той же проблемой — атомной теорией Бора. Они почти всегда собирались вместе, подобно большой семье, чтобы отправиться на экскурсию, организовать игры, товарищеские беседы или заняться спортом. В кругу этих физиков-атомников я имел возможность по-настоящему узнать людей других национальностей и их образ мышления. Необходимость изучать иностранные языки и разговаривать на них послужила толчком для знакомства с другим образом жизни, с иностранной литературой и искусством, благодаря чему я стал лучше понимать и отношения внутри своей страны. Для меня становилось все яснее, как мало значат национальные и расовые различия, когда общие усилия сосредоточиваются на трудной научной проблеме. Различие в образе мышления, которое так ясно сказывается в искусстве, казалось мне фактором, скорее обогащающим наши возможности, чем ослабляющим их.

Летом 1925 г. я поехал в Кембридж и там в колледже, в лаборатории русского физика Капицы, сделал сообщение о своей тогдашней работе небольшому кружку теоретиков. Среди присутствующих находился необычайно талантливый, едва достигший 23 лет, студент, который взялся за мою проблему и в течение нескольких месяцев разработал законченную квантовую теорию атомной оболочки. Это был Дирак — человек с выдающимися математическими способностями. Его образ мышления значительно отличался от моего, его математические методы были изящнее и оригинальнее по сравнению с теми, которыми мы пользовались в Геттингене. Однако, в конечном счете, он пришел в самых существенных пунктах к тем же результатам, к каким пришли здесь, в Геттингене, Бор, Иордан и я; или, иначе говоря, наши результаты взаимно дополняли друг друга самым превосходным образом. Этот факт служит новым доказательством «объективности» науки и ее независимости от языка, расы или веры ученого.

Геттинген, наряду с Копенгагеном и Кембриджем, оставался центром этой интернациональной семьи физиков-атомников, работавших здесь под руководством Франка, Борна, Паули. В то время в Геттингене учились многие из тех ученых, о которых вы теперь читаете в газетах в связи с атомной бомбой, например Оппенгеймер, Блэккет и Ферми.

Гейзенберг В. Шаги за горизонт. – М., 1977.- С. 23-26.

2. ПРОБЛЕМА ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАЛЬНОСТИ

В. Гейзенберг. Традиция в науке

Новая наука начиналась с астрономии, так что положение и скорость тел оказались естественным образом первыми понятиями для описания природных феноменов. Ньютон, использовавший в «Математических началах натуральной философии» сверх того еще и понятия массы и силы, ввел термин «количество движения», в принципе совпадающий с тем, что мы называем импульсом; а позднее понятийная база механики была дополнена такими понятиями, как кинетическая и потенциальная энергия. На них в течение более чем столетия опиралась вся точная наука, и их успех был настолько впечатляющим, что даже когда изучаемые феномены наводили на мысль о новых понятиях, ученые старались хранить верность традиции и сводить свои концепции к старым понятиям. Движение жидкостей мы представляем себе как движение бесконечно многих мельчайших частиц жидкости, динамика которых с успехом поддается описанию в терминах ньютоновских законов. Когда во второй половине XVIII века пробудился интерес к электричеству и магнетизму, ученые продолжали пользоваться в описании феноменов понятием силы, а под силой в смысле старой механики понимали непосредственное воздействие, зависящее только от положения и скорости рассматриваемых тел. Для осмысления различных состояний и химического поведения материи Гассенди снова возвратился к идее ее атомистического строения, а его преемники использовали Ньютону механику для описания движения атомов и вытекающих отсюда свойств материи. Луч света понимали либо как малую, стремительно движущуюся частицу, либо как серию

волн. Волны со своей стороны не могли двигаться иначе как в материи того или иного рода, и ученые позволяли себе надеяться, что мельчайшие частицы этой материи можно в конечном счете представлять подчиняющимися ньютоновским законам.

Как и в случае с научным методом, никто не сомневался, что подобное сведение к механическим понятиям в конечном счете осуществимо. Но история решила иначе. В XIX веке становилось все яснее, что электромагнитные явления имеют иную природу. Фарадей ввел понятие электромагнитного поля, и после усовершенствования его теории Максвеллом это понятие приобретало еще большую реальность; физики постепенно поняли, что силовое поле в пространстве и времени может быть точно такой же реальностью, как положение или скорость массы, и что нет никакого смысла считать силовое поле характеристикой некой неведомой субстанции, именуемой «эфиром». Традиция здесь скорее сбивала с толку, чем помогала. Только после открытия относительности окончательно распрощались с идеей эфира, а тем самым и с надеждой свести электромагнетизм к механике.

Аналогичный процесс можно констатировать и в теории теплоты; правда, здесь отход от понятий механики заметен лишь в очень тонких вопросах. Вначале все казалось очень просто. Любое материальное образование состоит из множества атомов и молекул; считалось, что статистического обобщения механических движений этого множества частиц достаточно для создания полной картины поведения материи под влиянием тепла или химических изменений. Понятия температуры и энтропии представлялись в точности отвечающими задаче описания этого статистически выявляемого поведения. По-моему, Гиббс первым понял, какая пропасть в физике была открыта этими понятиями. Его идея канонического распределения показывает, что словом «температура» обозначается мера нашего знания о механическом поведении атомов, а не их объективное механическое поведение. Слово это относится к определенному роду наблюдения, потому что им заранее предполагается известный теплообмен между системой и

измерительным прибором (термометром), т.е. состояние термодинамического равновесия. Поэтому, зная температуру системы, мы не можем в точности знать ее энергию, причем эта неточность зависит от числа степеней свободы системы. Естественно, традиция со всей очевидностью преграждала дорогу подобному истолкованию, и физики в своем большинстве, насколько мне известно, не принимали его вплоть до окончательного оформления квантовой теории в нашем столетии. Мне все же хотелось бы упомянуть, что Нильс Бор по моему прибытию в 1924 г. в его копенгагенский институт первым делом рекомендовал мне прочитать книгу Гиббса о термодинамике. И он добавил, что Гиббс – единственный физик, по-настоящему понявший статистическую термодинамику.

А в других областях дело выглядело еще хуже. Мы были вынуждены признать, что в теории относительности и в квантовой теории некоторые из наиболее старых традиционных понятий неудовлетворительны и подлежат замене более точными. Пространство и время не так независимы друг от друга, как казалось Ньютону, они связаны между собой преобразованием Лоренца. В квантовой механике состояние системы может быть математически охарактеризовано вектором в многомерном пространстве, и этот вектор включает в себе высказывания о статистическом поведении данной системы при определенных условиях наблюдения. Объективное описание системы в традиционном смысле тут невозможно. Входить в детали нет необходимости. Для физиков было трудно принять это изменение своих фундаментальных понятий.

Гейзенберг В. Шаги за горизонт. – М., 1987.-С. 235-238.

М.Борн. Физика в жизни моего поколения

То, что Шредингер отстаивает, можно сформулировать в нескольких предложениях: единственной реальностью в физическом мире являются волны. Нет никаких частиц и никакого кванта энергии $h\nu$; они суть иллюзии, основанные на неправильной интерпретации явления резонанса интерферирующих волн. Эти волны связаны с целыми числами способом, хорошо известным из колебаний

струнных и других музыкальных инструментов. Способ, каким эти целые числа проявляются, привел физиков к ложному выводу о том, что эти числа представляют собой число частиц. Кроме того, существует специальный резонансный закон, типичный для квантовой механики, согласно которому сумма собственных частот двух взаимодействующих систем остается постоянной. Это было интерпретировано физиками как закон сохранения энергии в применении к квантам и частицам. Но кванты или частицы тут ни при чем. Любая попытка описать физическое явление в терминах частиц, не противореча хорошо известному волновому характеру их распространения в пространстве, приводит к невероятным, неприемлемым концепциям, подобным допущению мгновенных квантовых скачков частиц из одного стационарного состояния в другое. И дальше: если вы пытаетесь описать газ как систему частиц, вы вынуждены лишить их индивидуальной различимости, если вы пишете символ (A, B) для выражения того, что A находится в одном месте, а B – в другом, то два состояния (A, B) и (B, A) не только физически неразличимы, но и представляют статистически только один случай, а не два, как требовал бы здравый смысл. Все эти и многие другие трудности исчезают, если вы отказываетесь от концепции частиц и используете только волновые представления.

Почему атомы необходимы

...Все же нельзя отказываться от концепции частиц. Как я уже говорил, для вычислений физика-теоретика весь этот спорный вопрос является почти несущественным. Но если он хочет сопоставить свои результаты с экспериментальными фактами, он должен описать их в терминах физического аппарата. Последний состоит из твердых тел, а не из волн. Таким образом, в любом случае, даже если бы описание физических фактов было возможно исключительно на основе волнового представления, все же в известном пункте должен совершаться переход к обычным твердым телам. Но законы, управляющие движением этих реальных тел, несомненно, являются законами механики Ньютона. Таким образом, волновая теория необходимо должна располагать

средствами для перевода ее результатов на язык механики обычных тел. Если это делается систематически, то связующим звеном является матричная механика или одно из ее обобщений. Во всяком случае я не вижу, как можно избежать этого перехода от волновой механики к обычной механике твердых тел.

Рассмотрим теперь вопрос другим способом, исходя из обычных тел. Их можно разделить сначала на мелкие, а затем на еще более мелкие части. Идея греков заключалась в том, что эта процедура должна где-то кончиться, когда деление дойдет до атомов, неделимых частиц.

Современная теория изменила до некоторой степени эту точку зрения, но я не нахожу нужным углубляться в детали, которые вы все знаете. Части вещества, полученные последовательным делением, имеют одну и ту же физическую природу до тех пор, пока вы не приблизились к химическому атому. Атом неделим, но его части имеют иную природу, это более тонкие частицы, нуклоны и электроны. Затем мы обнаруживаем, что самые малые части, химические атомы и в еще большей степени нуклоны и электроны, не только качественно различны, но обладают бесспорно странными свойствами, которых мы в нашем опыте с обычными телами не встречаем. Они ведут себя не так, как частицы порошка, в который вы размельчили сначала ваш материал. Они лишены индивидуальности, их положение и скорость могут быть определены только с ограниченной точностью (согласно соотношению неопределенностей Гейзенберга), и т.д. Скажем ли мы теперь, что частиц больше нет и что мы должны с сожалением отказаться от использования этой полезной и привлекательной картины?

Мы можем это сделать, если примем крайне позитивистскую точку зрения, согласно которой единственной реальностью являются ощущения, а все остальное – это «конструкции» нашего разума. С помощью математического аппарата квантовой механики мы способны предсказать, что будет наблюдать экспериментатор при определенных условиях эксперимента – ток, отмечаемый в гальванометре, след на фотографической пластинке. Но не имеет смысла спрашивать о том, что стоит за явлением – волны, частицы или что-нибудь еще.

Многие физики приняли эту точку зрения. Мне лично она совсем противна так же, как и Шредингеру. Поэтому он настаивает на том, что за явлениями, за ощущениями есть нечто определенное, а именно то, что можно описать как волновое движение в еще слабо исследованной среде. Недавно американский физик Бом принял противоположную точку зрения; Бом заявляет, что он может интерпретировать всю квантовую механику на основе обычных частиц, а именно с помощью «скрытых» параметров, которые служат для описания ненаблюдаемых процессов.

Как изменить атомистическую концепцию

Я думаю, что нельзя поддержать ни одну из этих крайних точек зрения. Мне кажется правильной обычная интерпретация квантовой механики, которая пытается примирить оба аспекта явления – волны и частицы.

Физическая реальность

Представление о реальности в физическом мире на протяжении последнего столетия стало несколько проблематичным. Противоречие между простой и очевидной реальностью бесчисленных приборов, машин, двигателей и аппаратов всех видов, созданных промышленностью и лежащих в основе прикладной физики, и неясной и абстрактной реальностью основных физических понятий вроде сил и полей, частиц и квантов, несомненно, запутанное. Оно имеется уже между чистым и прикладным естествознанием, между представителями которых образовалась пропасть, могущая привести к опасному отчуждению. Чтобы преодолеть этот разрыв «реальности», как ее представляют в теории и на практике, *физика нуждается в обобщающей философии*, выраженной на повседневном языке. Я не философ, а физик-теоретик. Я не могу предложить никакой хорошо продуманной философии, которая учитывала бы соответствующим образом идеи различного направления; я хотел бы только изложить некоторые мысли, которые помогали мне в моих собственных объяснениях этих проблем.

...Мы начнем со следующего предложения: «Величины, с которыми физика имеет дело, не являются числовой оценкой объективных свойств частей внешнего материального мира; они – только результаты, которые мы получаем, когда производим известные операции».

Это определение выглядит как отрицание существования объективного материального мира; оно создает впечатление, будто физику нет никакого дела до реального мира и он производит эксперименты только с той целью, чтобы предсказывать результаты нового эксперимента. Вообще не объяснено, почему же физик должен брать на себя труд производить эксперименты. Этот вопрос, по видимому, рассматривается как недостойный натурфилософии. Можем ли мы избежать вопроса о том, какую роль играют в этой системе вещей приборы из стали, латуни, стекла и т.п., которые тщательно сочетаются и приспособляются для экспериментов? Не являются ли они сверх того частью независимого от нас (pre-existing) внешнего материального мира? Являются ли они, подобно электронам, атомам и полям, чисто абстрактными идеями, применяемыми для того, чтобы предсказывать явления, которые могут наблюдаться в последующем эксперименте, в свою очередь представляющем опять-таки только собрание призраков?

Перед нами – воззрение, типичное для крайнего субъективизма, которому можно было бы дать подходящее название – «физический солипсизм». Хорошо известно, что упорно защищаемый солипсизм невозможно опровергнуть с помощью логических аргументов. Однако с тем же основанием можно сказать, что такой солипсизм не разрешает проблему, а уклоняется от нее. Логическая последовательность есть чисто отрицательный критерий; без нее не может быть принята никакая система, но никакая система не приемлема только в силу того, что она логически непротиворечива. Единственный положительный аргумент в пользу этого абстрактного вида ультрасубъективизма есть аргумент исторический. Утверждают, будто вера в существование внешнего мира лишена значения и для прогресса науки является прямо-таки помехой. Все, чем физик занимается, может

быть постигнуто удовлетворительным образом только в терминах «опыта», а не внешнего мира.

В действительности дело обстоит совсем иначе. Все великие открытия в экспериментальной физике обязаны интуиции людей, откровенно использовавших модели, которые для них были не продуктом их фантазии, а представителями реальных вещей. Как мог бы работать экспериментатор и как мог бы он общаться со своими сотрудниками и современниками, если бы он не использовал модели, которые состояются из частиц (электронов, фотонов, нуклонов, нейтронов), полей и волн – понятий, которые теперь осуждаются как несущественные и бесполезные?

Однако имеется некоторое основание и для этой крайней точки зрения. Мы научились тому, что при применении этих понятий должна иметь место известная осторожность. Наивный подход к проблеме реальности, который был столь успешным в классический, или ньютоновский, период, оказался неудовлетворительным. Современные теории требуют новой формулировки. Эта новая формулировка развивается медленно и, вероятно, не достигла еще окончательного выражения. Я попытаюсь указать на современные тенденции.

При этом с самого начала следует учесть, что слово «реальность» есть составная часть нашего разговорного языка и поэтому – как и большинство слов – не имеет однозначного смысла. Существуют субъективные философии, которые учат, что реален только духовный мир и что физический мир – только кажимость, тень без субстанции. Хотя эта точка зрения и представляет наибольший философский интерес, но она лежит вне нашей дискуссии, которая имеет дело только с физической реальностью. И все же остаются открытыми еще достаточно много других вопросов. «Реальности» крестьянина или ремесленника, купца или банкира, государственного человека или солдата, очевидно, имеют мало общего. Для каждого из них наиболее действительные вещи суть те, которые стоят в центре их интересов, причем слово «реальный» употребляется почти как синоним со словом «важный». Интересно знать, может ли какая-либо философия так

определить понятие реальности, чтобы оно не подвергалось последующему влиянию субъективных ассоциаций этого рода. Что касается нас, то мы спрашиваем: не может ли такое определение дать естествознание?

Это приводит нас к другому пункту, который выдвигает Дингль, а именно: нельзя ли без вреда для естествознания отбросить понятие и слово «реальность»? Мой ответ на этот вопрос состоит в том, что могут отказаться от этого понятия только те люди, которые живут в изолированных воздушных замках, вдали от всякого опыта и от всех действительных дел и наблюдений, следовательно, тот тип человека, который углубился в чистую математику, метафизику или логику настолько, что совершенно отошел от мира. Нильс Бор, который внес вклад в философию современного естествознания больше, чем кто-либо иной, неоднократно и отчетливо разъяснял, что *реальные эксперименты невозможно было бы описать, не применяя при этом разговорного языка и понятий наивного реализма*. Без признания этого немислимо никакое соглашение о фактах даже между самыми возвышенными умами. Существенная часть этого приема состоит в том, что делают различие между идеями, теориями и формулами, с одной стороны, и реальными приборами и устройствами, которые созданы в соответствии с этими идеями, - с другой. При этом и в самом деле безусловно необходимо наивное употребление слова «реальное», простая вера в реальное существование материальных аппаратов. Я полагаю, что представляемая Динглем абстрактная школа этого не отрицает, хотя он не говорит ясно. Однако он запрещает применение понятия реальности к атомам, электронам, полям и т.д., следовательно, к терминам, которые употребляются при объяснении наблюдений. Но где граница между этими двумя областями? Можно кусок кристалла, принадлежащего к области макроскопической реальности, размолоть в порошок до того, что его частицы станут слишком мелкими, чтобы они воспринимались невооруженным глазом. Чтобы увидеть их, нужно применить микроскоп. Становятся ли теперь частицы менее реальными? Еще более мелкие частицы, коллоиды, при соответствующем освещении в ультрамикроскопе покажутся

блестящими бесструктурными точками. Между этими частицами и единичными молекулами или атомами имеется непрерывный переход. Когда оказывается недостаточным ультрамикроскоп, можно взять электронный микроскоп, с помощью которого можно видеть даже большие молекулы. Так, где же оканчивается макроскопическая реальность, в которой живет экспериментатор, и где начинается мир атомов, из которого идея реальности подлежит изгнанию, как иллюзорная?

Такой границы, конечно, не существует; если мы вынуждены приписывать реальность обычным вещам повседневной жизни – включая применяемые в экспериментах приборы и материалы, - то мы не можем отрицать реальности и тех объектов, которые мы наблюдаем только с помощью приборов. Однако тот факт, что мы обозначаем их как реальные, как часть внешнего мира, еще никоим образом не обязывает нас к какому-то определенному описанию: вещь может быть реальной и при этом может еще очень отличаться от других известных нам вещей.

Прежде чем я мотивирую эту свою точку зрения, я хотел бы в нескольких словах коснуться того часто повторяющегося замечания, что квантовая механика разрушила различие между объектом и субъектом, ибо она может описывать ситуацию в природе не как таковую, а только как ситуацию, созданную экспериментом человека. Это совершенно верно. Атомный физик далеко ушел от идиллического представления старомодного натуралиста, который надеялся проникнуть в тайны природы, подстерегая бабочек на лугу. Для наблюдения атомарных явлений необходимы приборы такой чувствительности, что должна быть принята во внимание их реакция при измерениях; так как эта реакция подчиняется тем же квантовым законам, которым подчиняется и наблюдаемая частица, то вместе с ней вошел и фактор ненадежности, который исключает детерминистическое предсказание. Поэтому было бы, очевидно, праздным делом обсуждать ситуацию, какая получилась бы без вмешательства наблюдателя или независимо от него. Но что касается данного вмешательства наблюдателя в данной экспериментальной ситуации, то квантовая механика дает определенные

утверждения относительно того максимального знания, которое может быть получено. Хотя мы не все знаем или можем только приближаться к полному знанию, все же, улучшая наши приборы, мы можем получить известные, ограниченные, но хорошо очерченные сведения, независимые от наблюдателя и его прибора, а именно инвариантные особенности некоторого числа подходящим образом спроектированных экспериментов. Процесс, посредством которого мы приобретаем эти знания, несомненно, обуславливается также и наблюдающим субъектом, но это, однако, не означает, что в результатах нет реальности. Ибо совершенно очевидно, что экспериментатор со своим прибором является частью реального мира, реальны также и мысленные процессы, при проектировании экспериментов. Правда, граница между действием субъекта и реакцией объекта не является четкой. Но это не препятствует нам применять эти понятия разумным образом. Так же не является четкой граница между жидкостью и ее паром, ибо ее атомы непрерывно испаряются и конденсируются, и, несмотря на это, мы можем говорить о жидкости и паре.

...Если бы попытались построить философию естествознания в предположении, что наш исходный материал суть неупорядоченные чувственные ощущения, то мы не могли бы даже описать наши действия и простые приборы. Как я уже говорил, естествознание должно принять понятия повседневной жизни и выражения разговорного языка. Но, применяя усилительные устройства, телескопы, микроскопы, электронные усилители и т.п., оно выходит за пределы этих понятий. Как только встречаются такие новые ситуации, в которых обычный опыт нам изменяет, мы попадаем в затруднение по поводу того, как следует объяснить воспринятые сигналы. Вы поймете, что я имею в виду, если вы когда-либо смотрели в микроскоп, в котором любезный врач показывал свои замечательные клетки или микробы, а именно вы не видели ничего, кроме путаницы неопределенных линий и цветов, и должны были верить ему, что какое-нибудь желтое овальное изображение представляет для него интерес. Точно так же обстоит дело во всех областях физики, в которых применяют приборы. Мы

должны бросать взгляд в неизвестное, и это приводит нас в замешательство; ибо теперь мы уже больше не дети; мы уже потеряли способность бессознательно расшифровывать приходящие нервные сигналы и должны привлекать технику нашего сознательного мышления, математику, со всеми ее хитростями. Исключение из этого составляют только немногие гении, вроде Фарадея, который, как дитя, способен был интуитивно видеть внутреннюю связь природы. Так мы применяем анализ, чтобы отыскать в потоке явлений нечто постоянное, которое как раз и есть инвариант. Таким образом, инварианты суть понятия, о которых естествознание говорит так же, как на обыкновенном языке говорят о «вещах», и которым оно присваивает названия так же, как если бы это были обычные вещи.

Конечно, они не обычные вещи. Если мы называем электрон частицей, мы очень хорошо знаем, что он совсем не то же, что крупинка песка или цветочная пыльца. Например, при определенных обстоятельствах он не имеет определенной индивидуальности: если электрон выбивают из атома посредством другого электрона, то два улетающих электрона уже невозможно больше различить. Несмотря на это, электрон имеет некоторые свойства, общие с обычной «частицей», что оправдывает его наименование. Такое расширение номенклатуры и в жизни и в естествознании – дело обычное, оно систематически развивается математикой. Например, число вначале обозначает целое число, с помощью которого можно считать ряд объектов. Но это слово употребляется также и для дробных чисел вроде $\frac{2}{3}$, корней вроде $\sqrt{2}$, трансцендентных чисел вроде π и мнимых чисел вроде $\sqrt{-1}$, хотя с помощью этих чисел нельзя считать. Мы оправдываем это тем, что эти числа имеют некоторые общие формальные свойства с целыми числами, хотя каждый вид в несколько меньшей степени, но все же в достаточной, чтобы применить к нему знакомое слово. Тот же принцип справедлив в аналитической геометрии, когда мы говорим о бесконечно удаленных прямых в плоскости, или о четырехмерной сфере и т.д. Точно так же и в физике. Мы говорим об инфракрасном или ультрафиолетовом свете, хотя не можем его видеть, или об ультразвуковых волнах, хотя не можем ультразвук

услышать. Мы так сильно привыкли к тому, чтобы экстраполировать в области, лежащей за пределами нашей способности ощущений, что при этом мы больше не сознаем, что расширяем понятия за пределы первоначальной области их применения. При этом мы всегда следуем одному и тому же принципу. Мы рассматриваем однажды понятие волны. Волны на озере мы считаем за реальные, хотя они не представляют ничего материального, а лишь известную форму поверхности воды. Мы можем это обосновать, потому что можем характеризовать их спектр посредством известных инвариантных величин вроде частоты, длины волны и т.д. Но то же самое справедливо и для световых волн. Почему же мы должны отбрасывать этот атрибут «реальное» для волн в квантовой механике, если мы представляем их только как распределение вероятностей? Что здесь приближает к реальности, так это всегда своего рода инвариантный характер структуры, независимый от аспекта, от проекций. Однако этот характер является общим и для повседневной жизни и для естествознания, и эта, хотя и отдаленная, связь между вещами повседневной жизни и естествознанием вынуждает нас употреблять одну и ту же терминологию. В таком случае это и есть предпосылка для сохранения единства чистого и прикладного естествознания.

Борн М. Физика в жизни моего поколения. - М., 1963.

С.253-254, 267-271, 280-284.

Н.Бор

***Можно ли считать квантовомеханическое описание физической
реальности полным***

Вопрос о том, в каких пределах можно приписать однозначный смысл такому выражению, как «физическая реальность», не может быть, разумеется, решен на основе априорных философских соображений. ...для решения этого вопроса нужно обратиться непосредственно к опытам и измерениям. С этой целью... предлагают некоторый «критерий реальности», формулируемый ... следующим образом: «Если мы можем без какого бы то ни было возмущения

системы предсказать с достоверностью значение некоторой физической величины, то существует элемент физической реальности, соответствующий этой физической величине». ...В квантовой механике, так же как и в классической, значение любой переменной может быть при известных условиях предсказано на основании измерений, произведенных целиком над другими системами, бывшими ранее во взаимодействии с данной системой. Опираясь на свой критерий, авторы стремятся поэтому приписать элемент реальности каждой из величин, представленных этими переменными. Но, с другой стороны, характерной чертой существующей математической формулировки квантовой механики является, как известно, то, что если мы имеем две канонически сопряженные величины, то при описании состояния механической системы невозможно приписать им обоим определенные значения. В силу этого они считают существующую математическую формулировку неполной и выражают убеждение, что можно построить более удовлетворительную теорию.

Однако такого рода аргументация едва ли пригодна для того, чтобы подорвать надежность квантовомеханического описания, основанного на стройной математической теории, которая автоматически охватывает все случаи измерения, подобные указанному. Кажущееся противоречие на самом деле вскрывает только существенную непригодность обычной точки зрения натуральной философии для описания физических явлений того типа, с которым мы имеем дело в квантовой механике. В самом деле, конечность взаимодействия между объектом и измерительным прибором, обусловленная самим существованием кванта действия, влечет за собой — вследствие невозможности контролировать обратное действие объекта на измерительный прибор (а эта невозможность будет непременно иметь место, если только прибор удовлетворяет своему назначению) — необходимость окончательного отказа от классического идеала причинности и радикальный пересмотр наших взглядов на проблему физической реальности. Как мы увидим ниже, всякий критерий реальности, подобный предложенному упомянутыми авторами, будет — какой бы осторожной

ни казалась его формулировка — содержать существенную неоднозначность, если мы станем его применять к действительным проблемам, которые нас здесь интересуют. Чтобы придать рассуждениям, которые мы приведем в подтверждение этого положения, возможно большую ясность, я сперва рассмотрю довольно подробно несколько простых примеров измерительных установок.

Начнем с простого случая частицы, проходящей через щель диафрагмы, которая может составлять часть более или менее сложной экспериментальной установки. Даже если бы количество движения этой частицы до ее падения на диафрагму было вполне известно, дифракция плоской волны (дающей символическое представление состояния частицы) от краев щели повлечет за собой неопределенность в количестве движения частицы после ее прохождения через диафрагму, причем эта неопределенность будет тем больше, чем уже щель. Но ширину щели (по крайней мере, если она все еще велика по сравнению с длиной волны) можно принять за меру неопределенности Δq в положении частицы относительно диафрагмы в направлении, перпендикулярном к щели. Далее из де-Бройлевского соотношения между количеством движения и длиной волны легко усмотреть, что неопределенность Δp в количестве движения частицы в этом направлении связана с Δq соотношением Гейзенберга

$$\Delta p \Delta q \sim h$$

Очевидно, что неопределенность Δp неразрывно связана с обменом количеством движения между частицей и диафрагмой. Для наших рассуждений фундаментальную важность приобретает в связи с этим вопрос о том, в какой мере может быть учтено переданное таким образом количество движения, в какой мере оно может быть принято во внимание при описании того явления, которое мы изучаем при помощи данной постановки опыта, первым этапом которого можно считать прохождение частицы через диафрагму.

Но мы могли бы воспользоваться другой экспериментальной установкой, в которой первая диафрагма уже не будет жестко связана с остальными частями прибора. В такой установке мы имели бы по крайней мере принципиальную

возможность измерить с любой желаемой точностью количество движения диафрагмы до и после прохождения частицы, а значит, и указать наперед количество движения последней после ее прохождения через щель. В самом деле, такого рода измерения предполагают только возможность однозначного применения классического закона сохранения количества движения, причем применять его нужно, например, к процессу столкновения между диафрагмой и каким-нибудь пробным телом, количество движения которого надлежащим образом контролируется до и после столкновения. Правда, такого рода контроль будет существенно зависеть от изучения хода в пространстве и времени такого процесса, к которому были бы применены представления классической механики; однако если все пространственные размеры и промежутки времени взяты достаточно большими, то это, очевидно, не связано ни с какими ограничениями точности в определении количества движения пробных тел, а связано только с отказом от точного контроля их локализации в пространстве и времени. Последнее обстоятельство представляет полную аналогию с тем отказом от учета количества движения закрепленной диафрагмы, с которой мы встретились выше при обсуждении первоначальной установки. Такого рода отказ обусловлен в конце концов требованием чисто классического описания измерительного прибора; это требование влечет за собой необходимость ввести в описание действия прибора известные допуски, соответствующие соотношениям неопределенности квантовой механики.

С каждой постановкой опыта связан отказ от одной из двух сторон описания физических явлений; эти две стороны будут здесь как бы *дополнительными* одна к другой, тогда как их сочетание характеризует методы классической физики. Отказ этот существенно обусловлен тем, что в области квантовых явлений невозможен точный учет обратного действия объекта на измерительные приборы, т.е. учет переноса количества движения в случае измерения положения и учет смещения в случае измерения количества движения. В связи с этим никакие сравнения и аналогии между квантовой механикой и

обыкновенной статистической механикой никогда не смогут передать сути дела, - как бы ни были полезны такие аналогии для формального изложения теории. Ведь в каждой постановке опыта, пригодной для изучения собственно квантовых явлений, мы сталкиваемся не только с незнанием значений некоторых физических величин, но и с невозможностью дать этим величинам однозначное определение.

Та «свобода выбора», которую предоставляет нам эта постановка опыта, как раз и означает, что нам надлежит остановиться *на одной из двух разных экспериментальных манипуляций, допускающих однозначное применение одного из двух дополнительных классических понятий*, - все это совершенно так же, как в разобранным выше простом случае одной частицы, прошедшей через щель диафрагмы, где мы могли выбирать между манипуляциями, нужными для предсказания ее положения и количества движения. В самом деле, измерить положение одной из частиц означает не что иное, как установить, как она будет себя вести по отношению к какому-нибудь прибору, неподвижно скрепленному с подставкой, определяющей пространственную систему отсчета. В описанных выше условиях опыта такого рода измерение дает нам также знание того положения, которое занимала относительно этой системы отсчета наша диафрагма после того, как частицы прошли сквозь щели, тогда как без такого измерения положение диафрагмы остается совершенно неизвестным. Очевидно, что только таким путем мы получим данные, позволяющие сделать заключения о начальном положении другой частицы по отношению к остальному прибору. Но зато, допустив существенно неопределенный перенос количества движения от первой частицы к упомянутой подставке, мы тем самым лишили себя всякой будущей возможности применять закон сохранения количества движения к системе, состоящей из диафрагмы и обеих частиц, а значит, потеряли ту единственную основу, которая могла позволить нам однозначно применить понятие количества движения к предсказаниям, относящимся к поведению второй частицы. И наоборот, если бы мы пожелали измерить количество движения одной из частиц, мы потеряли бы вследствие неизбежного в таком измерении и не

поддающегося учету смещения всякую возможность судить по поведению этой частицы о положении диафрагмы относительно остального прибора и лишили бы себя всякой основы для предсказаний, относящихся к локализации другой частицы.

С нашей точки зрения мы видим теперь, что формулировка упомянутого выше критерия физической реальности, предложенного Эйнштейном, Подольским и Розеном, содержит двусмысленность в выражении «без какого бы то ни было возмущения системы». Разумеется, в случае, подобном только что рассмотренному, нет речи о том, чтобы в течение последнего критического этапа процесса измерения изучаемая система подвергалась какому-либо механическому возмущению. Но и на этом этапе речь идет по существу о возмущении в смысле *влияния на самые условия, определяющие возможные типы предсказаний будущего поведения системы*. Так как эти условия составляют существенный элемент описания всякого явления, к которому можно применять термин «физическая реальность», то мы видим, что аргументация упомянутых авторов не оправдывает их заключения о том, что квантовомеханическое описание существенно неполно. Напротив, как вытекает из наших предыдущих рассуждений, это описание может быть characterized как разумное использование всех возможностей однозначного толкования измерений, совместимого с характерным для квантовых явлений конечным и не поддающимся учету взаимодействием между объектом и измерительными приборами. В самом деле, только взаимное исключение всяких двух экспериментальных манипуляций, которые позволили бы дать однозначное определение двух взаимно дополнительных физических величин, — только это взаимное исключение и освобождает место для новых физических законов, совместное существование которых могло бы на первый взгляд показаться противоречащим основным принципам построения науки. Именно эту совершенно новую ситуацию в отношении описания физических явлений мы и пытались характеризовать термином *дополнительность*.

Как мы видели, в каждой экспериментальной установке необходимо проводить границу между теми частями рассматриваемой физической системы, которые мы причисляем к измерительным приборам, и теми, которые являются объектами, подлежащими исследованию. Можно сказать, что необходимость такого рода разграничения и составляет *принципиальное различие между классическим и квантовомеханическим описанием физических явлений*. Правда, в пределах каждого измерительного процесса мы можем провести эту границу по желанию в том или ином месте; выбор места определяется как в классическом, так и в квантовом случае главным образом соображениями удобства. Однако в то время как в классической физике выбор того или иного места для границы между объектом и измерительным прибором не связан с какими-либо изменениями в характере описания изучаемых физических явлений, в квантовой теории он влечет за собой изменения в этом описании. Фундаментальная важность различия между объектом и прибором в квантовой теории обусловлена, как мы видели, тем, что для толкования всех измерений в собственном смысле необходимо пользоваться классическими представлениями, несмотря на то, что классическая теория не может сама по себе объяснить тех новых закономерностей, с которыми мы имеем дело в атомной физике.

Ввиду такого положения вещей не может быть и речи о каком-либо ином однозначном толковании символов квантовой механики, кроме того, которое заключено в известных правилах, относящихся к предсказанию результатов, получаемых при помощи данной экспериментальной установки, описываемой чисто классическим образом; правила эти находят свое общее выражение в упомянутых выше теоремах о каноническом преобразовании. Обеспечивая надлежащее соответствие квантовой теории с классической, эти теоремы исключают, в частности, всякое внутреннее противоречие в квантовомеханическом описании, которое могло бы возникнуть в связи с переменной места, где проводится граница между объектом и измерительным прибором. В самом деле, очевидным следствием приведенных выше рассуждений является

следующее: при любой постановке опыта и любых измерительных манипуляциях выбор места для этой границы возможен лишь в пределах той области, где квантовомеханическое описание данного процесса по существу эквивалентно классическому описанию.

В заключение мне хотелось бы отметить то огромное значение, которое имеет преподанный общей теорией относительности урок для вопроса о физической реальности в области квантовой теории. В самом деле, несмотря на все характерные различия, между положением вещей в обоих обобщениях классической теории имеется поразительная аналогия, которая неоднократно отмечалась. В частности, только что обсужденное нами обособленное положение, которое занимают в описании квантовых явлений измерительные приборы, представляет близкую аналогию с необходимостью пользоваться и в теории относительности обыкновенным описанием всех измерительных процессов, включая резкое разделение на пространство и время, причем эта необходимость имеет место, несмотря на то, что самой сущностью теории относительности является установление новых физических законов такого рода, что для понимания их мы должны отказаться от привычного разделения понятий пространства и времени. Характерная для теории относительности зависимость всех показаний масштабов и часов от принятой системы отсчета может быть, далее, сравнена с тем не поддающимся контролю обменом количеством движения и энергией между измеряемыми объектами и всеми приборами, определяющими пространственно-временную систему отсчета, который приводит не в квантовой теории к положению вещей, характеризуемому понятием дополненности. Действительно, эта новая черта естествознания означает радикальный пересмотр наших взглядов на физическую реальность, который может быть поставлен в параллель с тем фундаментальным изменением всех представлений об абсолютном характере физических явлений, который был вызван общей теорией относительности.

3. НАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА

В.Гейзенберг. Картина мира

Вернемся на несколько столетий назад. В конце средних веков человечество установило, что кроме христианской действительности, центром которой является божественное откровение, есть еще другая действительность, открываемая в материальном опыте, то есть «объективная» действительность, воспринимаемая нами посредством чувств или экспериментов в процессе исследования природы. Однако при этом проникновении в новую область действительности некоторые основные формы мышления остались неизменными. Мир состоял из вещей, находящихся в пространстве и изменяющихся во времени в соответствии с причиной и действием. Кроме этого, существовала еще духовная область, то есть действительность нашей собственной души, которая отражает внешний мир подобно более или менее правильному зеркалу. Хотя эта действительность нового времени, картина которой давалась естествознанием, и отличалась от христианской действительности, она, тем не менее, изображала божественный мировой порядок, в котором люди с их делами и поступками стояли на твердой почве и не сомневались относительно смысла своей жизни. Мир был бесконечен в пространстве и времени; в известной мере он заменял бога или благодаря своей бесконечности становился, по крайней мере, символом божественного.

Но и эта картина мира была отвергнута в нашем столетии. В той мере, в какой практическая деятельность выдвинулась на первый план в картине мира, основные формы мышления стали терять свое значение. Даже время и пространство стали предметом опыта и потеряли свое символическое значение. В науке все более и более приходили к выводу, что наше понимание мира не может начинаться с некоторого определенного знания, что оно не может быть построено

на каком-то незыблемом основании, но что все знание, так сказать, парит над бездонной пропастью.

Этому развитию в области науки, вероятно, соответствует в жизни человека все возрастающее ощущение относительности всех ценностей; такое ощущение, возникшее несколько десятилетий назад, в конце концов может легко привести к скептицизму, с его вечным вопросом отчаяния — «зачем?». Так развивается «нигилизм», вера в ничто. С этой точки зрения жизнь представляется бессмысленной или, в лучшем случае, приключением, которое с нами случается независимо от наших действий. Наихудшей формой нигилизма, с которой мы встречаемся в настоящее время во многих частях мира, является иллюзионистский нигилизм, как назвал его недавно Вейцекер, - нигилизм, полный иллюзий и самообмана.

Характерной чертой любого нигилистического направления является отсутствие твердой общей основы, которая направляла бы в каждом случае деятельность личности. В жизни отдельного человека это проявляется в том, что человек теряет инстинктивное чувство правильного и ложного, иллюзорного и реального. В жизни народов это приводит к странным явлениям, когда огромные силы, собранные для достижения определенной цели, неожиданно изменяют свое направление и в своем разрушительном действии приводят к результатам, совершенно противоположным поставленной цели. При этом люди часто настолько бывают ослеплены ненавистью, что они с цинизмом наблюдают за всем этим, равнодушно пожимая плечами.

Я уже сказал, что такое изменение воззрений людей, по-видимому, стоит в некоторой связи с развитием научного мышления. Поэтому следует поставить вопрос: не утратила ли и наука свою регулирующую твердую основу, как ее утратили другие области жизни? Необходимо совершенно определенно и ясно подчеркнуть, что об этом не может быть и речи. Наоборот, состояние современной науки является, вероятно, самым сильным из имеющихся в нашем

распоряжении аргументов в пользу более оптимистических взглядов перед лицом великих мировых проблем.

Даже в тех областях науки, в которых, как я уже сказал, мы обнаружили, что наше знание «парит над бездонной пропастью», достигнуто кристально ясное и окончательное упорядочение явлений. Это упорядочение так ясно и обладает такой силой убеждения, что ученые самых различных народов и рас воспринимают его как несомненную основу всего дальнейшего мышления и познания. Конечно, в науке также бывают ошибки, и может потребоваться много времени, чтобы обнаружить их и исправить. Но мы можем быть совершенно уверены, что, в конце концов, будет твердо установлено, что правильно и что ложно. Это решение не будет зависеть от веры, расы или происхождения ученого; оно будет определяться высшей силой и будет принято всеми людьми и на все времена. Если в политической жизни людей нельзя избежать постоянной переоценки ценностей, борьбы одних иллюзий и ложных идеалов с другими иллюзиями и ложными идеалами, то в науке мы, в конце концов, всегда можем выяснить, что имеем дело либо с истинным, либо с ложным. Здесь имеется не зависящая от наших желаний высшая сила, которая решает и судит окончательно. Существо науки, по моему мнению, составляет область чистой науки, которая не связана с практическими применениями. В ней, если можно так выразиться, чистое мышление пытается познать скрытую гармонию мира. В этой сокровенной области, где наука и искусство едва ли могут разделяться, может быть, есть место и современному человечеству, которое найдет здесь чистую истину, не затемненную своей идеологией и своими желаниями.

Конечно, вы можете возразить, что эта область недоступна широким массам народа и что поэтому она может оказать незначительное влияние на его поведение. Но массы и прежде никогда не имели доступа к этой центральной области, и, может быть, теперь народ будет удовлетворен знанием того, что хотя эти ворота открыты и не для каждого, там не менее по ту сторону ворот не *может* быть никакого обмана; там все решает высшая сила, а не мы. В прежние времена

люди по-разному говорили об этой центральной области; они употребляли понятия «смысл» или «бог», или прибегали к сравнению, звукам, картинам. Имеется много путей к этому центру и в наши дни, и наука - только один из них. Однако в настоящее время, может быть, вообще нет общепринятого языка, на котором мы могли бы понятно для всех говорить об этой области; поэтому-то многие о ней ничего не знают. Но от этого существо дела не меняется; мировой порядок, как и в прежние времена, может определяться только этой областью — через посредство тех людей, для которых открыт доступ в нее.

Итак, если наука должна способствовать взаимопониманию народов, то этого она может достичь не своим практическим значением, не благодеянием, оказываемым ею, например больным, и не страхом, которым она вынуждает признать политическую власть, но лишь проникновением в эту центральную область, благодаря чему упорядочивается мир в целом, может быть, просто вследствие того, что мир прекрасен. Может показаться преувеличением придавать такое значение современной науке. Но разрешите заметить, что хотя мы и имеем основание во многих отношениях завидовать предшествующим эпохам, однако в научных достижениях, в чистом познании мира наше время не уступает ни одной эпохе человеческой истории.

Что бы ни случилось, человечество сохранит во все последующие десятилетия живой интерес к познанию. Даже если этот интерес будет на некоторое время затемнен практическими результатами науки и борьбой за власть, тем не менее он должен, в конечном счете, опять восторжествовать и связать воедино народы всех наций и рас. Люди будут счастливы во всех частях земного шара, когда они достигнут нового знания, и они будут благодарны тому человеку, который впервые открыл его.

Гейзенберг В. Философские проблемы атомной физики. – М., 1953.- С. 130-134.

Н.Бор. Единство знаний

Прежде чем пытаться ответить на вопрос, в какой мере допустимо говорить об единстве знаний, мы позволим себе спросить, что значит самое слово «знание». Я не собираюсь вступать в академические философские рассуждения, для которых у меня едва ли имеется достаточно специальной философской эрудиции. Однако каждый естествоиспытатель постоянно сталкивается с проблемой объективного описания опыта; под этим мы подразумеваем однозначный отчет или словесное сообщение. Нашим основным орудием является, конечно, обычный язык, который удовлетворяет нуждам обыденной жизни и общественных отношений. Мы не будем останавливаться здесь на вопросе о происхождении такого языка; нас интересуют его возможности в научных сообщениях и в особенности проблема сохранения объективности при описании опыта, вырастающего за пределы событий повседневной жизни.

Главное, что нужно себе ясно представить, это то, что всякое новое знание является нам в оболочке старых понятий, приспособленной для объяснения прежнего опыта, и что всякая такая оболочка может оказаться слишком узкой для того, чтобы включить в себя новый опыт. В самом деле, во многих областях знания научные исследования время от времени приводили к необходимости отбросить или заново сформировать точки зрения, которые ранее считались обязательными для всякого разумного объяснения в силу своей плодотворности и кажущейся неограниченной применимости. Хотя толчок к такого рода пересмотрам дают специальные исследования, каждый такой пересмотр содержит вывод общего характера, важный для проблемы единства знаний. Действительно, расширение системы понятий не только восстанавливает порядок внутри соответствующей области знаний, но еще и раскрывает аналогии в других областях. Наше положение в отношении анализа и синтеза опыта в разных, казалось бы даже не связанных, областях знания может оказаться сходным, а это открывает возможности для еще более охватывающего объективного описания.

Когда мы говорим о системе понятий, мы имеем в виду просто-напросто однозначное логическое отображение соотношения между опытными данными.

Это понятно также и в свете исторического развития, в ходе которого перестали резко отличать логику от семантических исследований и даже от филологического синтаксиса. Математика, так решительно содействовавшая развитию логического мышления, играет особую роль; своими четко определенными абстракциями она оказывает неоценимую помощь при выражении стройных логических зависимостей.

...В связи с этим можно подчеркнуть, что необходимая для объективного описания однозначность определений достигается при употреблении математических символов именно благодаря тому, что таким способом избегаются ссылки на сознательный субъект, которыми пронизан повседневный язык.

Развитию так называемых точных наук, характеризуемых установлением численных соотношений между результатами измерений, сильно способствовали абстрактные математические методы, возникшие на почве независимой разработки обобщающих логических построений. Это положение особенно хорошо поясняется в физике; первоначально под физикой понимали вообще все знания о той природе, частью которой мы сами являемся, но постепенно физика стала означать изучение элементарных законов, управляющих свойствами неживой материи. Необходимость всегда, даже в пределах этой сравнительно простой темы, обращать внимание на проблему объективного описания глубоко влияла на взгляды философских школ на протяжении многих веков. В наши дни исследование новых областей, открывшихся перед экспериментом, обнаружило, что для однозначного применения некоторых самых элементарных понятий требуются предпосылки, о которых раньше и не подозревали. Тем самым мы получили урок и по линии теории познания, причем чем урок этот касается и тех проблем, которые лежат далеко за пределами физики. Поэтому представляется целесообразным начать наше обсуждение с краткого обзора этого развития.

...В пределах своей обширной области применения классическая механика дает объективное описание, в том смысле, что оно основано на четко

определенном употреблении представлений и идей, приспособленных к событиям повседневной жизни. Однако какими бы разумными ни казались идеализации, которыми пользуется ньютонова механика, они фактически зашли далеко за пределы опыта, к которому приспособлены наши элементарные понятия. Так, адекватное употребление понятий абсолютных пространства и времени теснейшим образом связано с практически мгновенным распространением света, позволяющим нам локализовать тела вокруг нас независимо от их скорости и располагать события в единую временную последовательность. Однако попытка составить логически стройное описание оптических и электромагнитных явлений обнаружила, что наблюдатели, движущиеся относительно друг друга с большими скоростями, будут координировать события неодинаково. Такие наблюдатели будут судить различно о форме и положении твердых тел, и, кроме того, события в разных точках пространства, которые одному наблюдателю кажутся одновременными, другому могут показаться происходящими в разное время...

Хотя ряд фундаментальных свойств материи и объяснялся на основе простой картины атома, но с самого начала было ясно, что классические идеи механики и электромагнетизма недостаточны для объяснения существенной устойчивости атомных структур, которая проявляется в том, что элементы имеют характерные для них свойства. Ключ к выяснению этой проблемы дало открытие Планком в первый год нашего столетия универсального кванта действия. К этому открытию Планка привел его проницательный анализ законов теплового излучения. Открытие Планка выявило присущее атомным процессам свойство цельности, совершенно чуждое механистическому пониманию природы. Стало ясно, что классические физические теории — это идеализации, пригодные только для описания таких явлений, в анализе коих все величины размерности действия достаточно велики, чтобы можно было пренебречь квантом действия. Это условие выполняется с избытком в явлениях обычного масштаба, в атомных же явлениях мы встречаемся с закономерностями совсем нового вида, не поддающимися детерминистическому наглядному описанию.

Рациональное обобщение классической физики, которое учитывало бы существование кванта, но по-прежнему позволяло бы однозначное толкование опытных фактов, допускающих определение инертной массы и электрического заряда электрона и ядра, представляло очень трудную задачу. Соединенными усилиями целого поколения физиков-теоретиков было тем не менее постепенно создано стройное и — в широких пределах — исчерпывающее описание атомных явлений. Это описание использует математический аппарат, в который вместо переменных величин классических физических теорий входят символы, подчиненные некоммутативным правилам умножения, содержащим постоянную Планка. Благодаря самому характеру таких математических абстракций этот формальный аппарат не допускает привычного наглядного толкования; он предназначен для того, чтобы установить зависимости между наблюдениями, полученными при четко определенных условиях. Зависимости эти имеют существенно статистический характер в соответствии с тем, что в данной экспериментальной установке могут иметь место различные индивидуальные квантовые процессы.

При помощи аппарата квантовой механики достигнута подробная систематизация огромного количества экспериментальных данных о физических и химических свойствах материи. Сверх того, приспособив формальный аппарат к требованиям теории относительности, оказалось возможным упорядочить в широких пределах быстро накапливающиеся новые сведения о свойствах элементарных частиц и о строении атомных ядер. Несмотря на поразительную плодотворность квантовой механики, радикальный отход от привычных физических способов описания, и в особенности отказ от самой идеи детерминизма, вызвал сомнения в умах многих физиков и философов. Возник вопрос, имеем ли мы здесь дело с временным выходом из положения или же новый метод объективного описания представляет окончательный шаг, уже необратимый. Разъяснение этой проблемы действительно потребовало

радикального пересмотра самых основ описания и толкования физического опыта...

Когда мы покидаем область собственно физики, мы прежде всего наталкиваемся на вопрос о месте живых организмов в описании природы. Раньше не проводили резкого разграничения между живой и неживой материей. Известно, что Аристотель, противопоставляя свою точку зрения идеям атомистов, подчеркивал цельность индивидуальных живых организмов; даже в рассуждениях об основах механики он сохранял такие идеи, как назначение и потенция. Однако в результате великих открытий эпохи Возрождения в области анатомии и физиологии и в особенности благодаря появлению классической механики, использующей детерминистическое описание, из которого исключена всякая ссылка на цель, естественно возникло такое представление о природе, которое является полностью механистическим. Большое число органических процессов могло быть и в самом деле истолковано на основе тех физико-химических свойств материи, объяснение которых опирается на простые атомистические идеи. Правда, структура и отправления живых организмов предполагают упорядоченность атомных процессов, которую, казалось, трудно согласовать с законами термодинамики; последние требуют ведь, чтобы состояние атомов, составляющих изолированную физическую систему, постепенно приближалось к беспорядочному. Однако если надлежащим образом учесть то обстоятельство, что необходимая для сохранения и развития живых организмов свободная энергия непрерывно пополняется из окружающей среды дыханием и питанием организма, то станет ясно, что здесь нет и речи о каком-либо нарушении общих физических законов.

В последние десятилетия наши знания о строении и отправлениях живых организмов значительно пополнились; в частности, стало очевидным, что квантовые закономерности играют здесь по многим отношениям фундаментальную роль. Такие закономерности являются основой замечательной устойчивости чрезвычайно сложных молекулярных структур, образующих

существенные составные части тех клеток, которые ответственны за наследственные свойства вида. Далее, исследования мутаций, возникающих после облучения живого организма проникающей радиацией, дают яркие примеры приложения статистических законов квантовой физики. Наконец, оказалось, что чувствительность воспринимающих органов, столь важная для сохранности живого организма, приближается к уровню отдельных квантовых процессов, причем усилительные механизмы играют важную роль, в особенности в передаче нервных сигналов. В результате всех этих открытий снова выдвинулся на первый план механистический подход к проблемам биологии, понимаемый, впрочем, в новом смысле. Но в то же время стал очень острым вопрос о том, допустимо ли сравнение живых организмов со сложными и усовершенствованными механическими системами вроде современных промышленных агрегатов или электронных счетных машин и может ли такое сравнение служить подходящей основой для объективного описания саморегулирующихся образований, каковыми являются живые организмы.

Возвращаясь к общему гносеологическому уроку, преподанному нам атомной физикой, мы прежде всего должны ясно себе представить, что изучаемые в квантовой физике замкнутые процессы не представляют прямой аналогии с биологическими отправлениями, для поддержания которых нужен непрерывный обмен материей и энергией между живым организмом и окружающей средой. Кроме того, всякая экспериментальная установка, которая позволила бы контролировать такие отправления с той же степенью точности, какая требуется для четкого их описания на языке физики, будет препятствовать свободному течению жизни. Но именно это обстоятельство и наводит на мысль о таком понимании органической жизни, которое было бы в состоянии сбалансировать механистический подход с телеологическим. В самом деле, в описании атомных явлений в качестве первичного элемента, для которого объяснение невозможно и не нужно, выступает квант действия, и совершенно так же в биологической науке первичным элементом является понятие жизни; в существовании и эволюции

живых организмов мы имеем дело скорее с проявлением возможностей той природы, к которой мы принадлежим, а не с результатами опытов, которые мы сами можем произвести. Мы должны признать, что требования объективного описания выполняются (или должны выполняться) в силу той характерной дополненности, которая существует между практически применяемыми в биологии соображениями физико-химического характера и понятиями, прямо связанными с целостностью организма и выходящими за рамки физики и химии. Главное здесь в том, что, только отказавшись от объяснения жизни (объяснения в обычном смысле), мы приобретаем возможность учитывать ее особенности...

После того как я рассмотрел некоторые научные проблемы, имеющие отношение к единству знаний, я хочу обратиться к следующему вопросу, поставленному в нашей программе, а именно к вопросу о том, существует ли поэтическая, или духовная, или культурная истина, отличная от истины научной. При всей свойственной мне как естествоиспытателю неохоте входить в эти области, я попытаюсь, однако, прокомментировать этот вопрос с той же точки зрения, какой я придерживался в предыдущих своих рассуждениях. Возвращаясь к нашей мысли о зависимости между нашими средствами выражения и областью интересующего нас опыта, мы не можем миновать вопроса о взаимоотношении между наукой и искусством. Причина, почему искусство может нас обогатить, заключается в его способности напоминать нам о гармониях, недостижимых для систематического анализа. Можно сказать, что литературное, изобразительное и музыкальное искусства образуют последовательность способов выражения, и в этой последовательности все более полный отказ от точных определений, характерных для научных сообщений, предоставляет больше свободы игре фантазии. В частности, в поэзии эта цель достигается сопоставлением слов, связанных с меняющимся восприятием наблюдателя, и этим эмоционально объединяются многообразные стороны человеческого познания.

Всякое произведение искусства требует вдохновения. Не будет, однако, непочтительным заметить, что даже на вершине своего творчества художник

полагается на общечеловеческий фундамент, на котором строим и мы. В частности, мы должны осознать, что самое слово «импровизация», так легкомысленно слетающее с языка, когда говорят о художественном исполнении, указывает на неотъемлемое свойство всякого сообщения. В обычном разговоре мы более или менее бессознательно выбираем словесные выражения, передавая то, о чем мы думаем; даже в написанных бумагах, где мы имеем возможность пересмотреть каждое слово, вопрос о том, оставить его или заменить, требует для ответа какого-то окончательного решения, по существу эквивалентного импровизации. Между прочим, равновесие между серьезностью и шуткой, типичное для всякого истинно художественного исполнения, напоминает нам о дополнительных аспектах, бросающихся в глаза в детской игре и не менее ценимых взрослыми. В самом деле, если мы будем стараться всегда говорить совершенно серьезно, мы рискуем очень скоро показаться нашим слушателям и себе самим смехотворно скучными; а если мы попробуем все время шутить, мы скоро обнаружим (да и наши слушатели тоже), что находимся в унылом настроении шутов в драмах Шекспира.

При сравнении между науками и искусствами, конечно, нельзя забывать, что в науках мы имеем дело с систематическими согласованными усилиями, направленными к накоплению опыта и разработке представлений, пригодных для его толкования; это похоже на переноску и подгонку камней для постройки. В то же время искусство представляет собой более интуитивные попытки отдельного лица вызвать чувства, напоминающие о некоторой душевной ситуации в целом. Здесь мы подходим к той точке, где вопрос о единстве знаний, как и самое слово «истина», становится неоднозначным. Действительно, в отношении к духовным и культурным ценностям мы тоже не должны забывать о проблемах теории познания, которые связаны здесь с правильным балансом между нашим стремлением к всеобъемлющему взгляду на жизнь во всем ее многообразии и нашими возможностями выражать свои мысли логически связным образом.

Наука и религия занимают в этом вопросе существенно разные исходные позиции. Наука стремится к развитию общих методов упорядочения общечеловеческого опыта, а религии возникают из стремления споспешествовать гармонии взглядов и поведения внутри сообщества людей. Во всякой религии знания, которыми обладали члены общества, вкладывались, конечно, в некоторую уже готовую схему или структуру; первичное же содержание этой структуры составляли ценности и идеалы, положенные в основу культа и веры. Поэтому внутренняя связь между содержанием и формой мало привлекала к себе внимание до тех пор, пока последующее развитие науки не принесло новых принципиальных выводов космологического или гносеологического характера. Ход истории дает много таких примеров; мы можем сослаться, в частности, на настоящий раскол между наукой и религией, сопровождавший развитие механистического понимания природы во времена европейского Возрождения. С одной стороны, многие явления, на которые до тех пор смотрели как на проявление божественного провидения, оказались следствиями незыблемых общих законов природы. С другой стороны, физические методы и взгляды были очень далеки от того, чтобы делать упор на человеческие ценности и идеалы, важные для религии. Поэтому общим для школ так называемой эмпирической и критической философии было стремление провести какое-то (хотя и довольно неопределенное) различие между объективным значением и субъективной верой.

Благодаря признанию того, что в имеющем определенный смысл словесном сообщении необходимо обращать внимание на место, где проводится линия раздела объект-субъект, современное развитие науки создало новую основу для употребления таких слов, как «знание» и «вера». Прежде всего признание ограничений, присущих понятию причинности, выдвинуло систему понятий, в которой идея мирового предопределения заменена понятием естественной эволюции. Что касается организации человеческих обществ, то мы хотели бы особенно подчеркнуть, что в описании положения отдельного лица внутри общества имеются типично дополнительные стороны, связанные с подвижной

границей между оценкой человеческих ценностей и общими положениями, на основании которых о них судят. Конечно, всякое устойчивое человеческое общество нуждается в честной игре, установленной мудрыми правилами; и в то же время жизнь без привязанности к семье и друзьям была бы, очевидно, лишена одной из своих самых драгоценных и привлекательных сторон. Общую цель всех культур составляет самое теснейшее сочетание справедливости и милосердия, какого только можно достигнуть; тем не менее следует признать, что в каждом случае, где нужно строго применить закон, не остается места для проявления милосердия, и наоборот, доброжелательство и сострадание могут вступить в конфликт с самыми принципами правосудия. Во многих религиях этот конфликт иллюстрируется мифами о битвах между богами, олицетворяющими такие идеалы, а в древневосточной философии это подчеркивается следующим мудрым советом: добиваясь гармонии человеческой жизни, никогда не забывай, что на сцене бытия мы сами являемся как актерами, так и зрителями.

Бор Н.. Избранные научные труды: В 2 т.- Т.3. – М., 1971. – С. 481-495.

Лукреций Кар. О природе вещей

Из ничего не творится ничто по божественной воле.
И оттого только страх всех смертных объемлет, что много
Видят явлений они на земле и на небе нередко,
Коих причины никак усмотреть и понять не умеют,
И полагают, что все это божьим веленьем творится.
Если же будем мы знать, что ничто не способно возникнуть
Из ничего, то тогда мы гораздо яснее увидим
Наших заданий предмет: и откуда являются вещи,
И каким образом все происходит без помощи свыше.
Если бы из ничего в самом деле являлись вещи,
Всяких пород существа безо всяких семян бы рождались:
Так, например, из морей возникали бы люди, из суши —

Рыб чешуйчатых род и пернатые, с неба срывался б
Крупный и мелкий скот и породы бы диких животных
Разных, неведомо как, появлялись в полях и пустынях.
И на деревьях плоды не имели бы стойкого вида,
Но изменялись бы все произвольно на дереве каждом.
Ведь, коль бы тел родовых у отдельных вещей не имелось,
Определенную мать эти вещи имели бы разве?
Но, так как все из семян создается определенных
И возникают на свет и рождаются все вещи оттуда,
Где и материя есть и тела изначальные каждой,
То потому и нельзя, чтобы все из всего нарождалось,
Ибо отдельным вещам особые силы присущи.
Кроме того, почему распускается роза весной,
Летом же зреют хлеба, виноградные осенью гроздья,
Иначе, как потому, что, когда в свое время сольются
Определенных вещей семена, возникают созданыя
Благоприятной порой, когда безопасно выводит
Нежные вещи на свет земли животворная сила?
Иначе, из ничего возникая, внезапно бы вещи
Неподходящей порой в неизвестные сроки являлись,
Ибо тогда б никаких не имелось начал первородных,
Что от стеченья могли б удержаться в ненужное время.
Да и развитие вещей для соития семени в сроке
(Если бы из ничего возникали они) не нуждалось.
В юношей сразу тогда б превращались грудные младенцы,
Из-под земли бы внезапно деревья выскакивать стали.
Но очевидно, что так никогда не бывает, и вещи
Все постепенно растут из известных семян, как и должно,
Род свой при этом всегда сохраняя. Ты видишь отсюда,

Что из материи все вырастает своей и живет ей.
Также заметь: без дождей ежегодных в известную пору
Радостных почва плодов приносить никогда не могла бы,
Да и порода живых созданий, корму лишившись,
Род умножать свой и жизнь обеспечить была бы не в силах.
Можно скорее признать, что имеется множество общих
Тел у различных вещей,— как в словах одинаковых знаков,—
Чем, что возможно вещам без первичных начал зарождаться.
И, наконец, почему не была в состояньи природа
Сделать такими людей, чтобы вброд проходили по морю
Или руками могли расторгнуть великие горы
И поколенья людей превзойти продолжительной жизнью,
Иначе, как потому, что всему, что способно родиться,
При зарожденьи дана материи точная доля?
Из ничего, словом, должно признать, ничто не родится,
Ибо все вещи должны иметь семена, из которых
Выйти могли бы они и пробиться на воздух прозрачный.
И, в заключенье, раз почва полей обработанных лучше
Дикой земли и дает она пахарю лучшие всходы,
То, очевидно, начала вещей обретаются в почве;
Мы же, ворочая в ней сошником плодородные глыбы
И разрыхляя земельный покров, побуждаем их к жизни.
Если же не было б их, ты бы видел, что все без работы
Нашей само по себе возникало бы лучше гораздо.
Надо добавить еще: на тела основные природа
Все разлагает опять и в ничто ничего не приводит.
Ибо, коль вещи во всех частях своих были бы смертны,
То и внезапно из глаз исчезали б они, погибая;
Не было б вовсе нужды и в какой-нибудь силе, могущей

Их по частям разорвать и все связи меж ними расторгнуть.
Но, так как все состоят из вечного семени вещи,
То до тех пор, пока им не встретится внешняя сила
Или такая, что их изнутри чрез пустоты разрушит,
Гибели полной вещей никогда не допустит природа.
Кроме того, коль всему, что от старости в ветхость приходит,
Время приносит конец, материю всю истребляя,
Как и откуда тогда возрождает Венера животных
Из роду в род иль откуда земля-искусница может
Из роду в род их кормить и растить, доставляя им пищу?
Как и откуда ключи и текущие издали реки
Полнят моря? И откуда эфир питает созвездья?
Должно ведь было бы все, чему смертное тело присуще,
Быть истребленным давно бесконечного времени днями.
Если ж в течение всего миновавшего ранее века
Были тела, из каких состоит этот мир, обновляясь,
То, несомненно, они обладают бессмертной природой
И потому ничему невозможно в ничто обратиться.
И, наконец, от одной и той же причины и силы
Гибла бы каждая вещь, не будь материя вечной
И не скрепляй она все своим большим иль меньшим
сцепленьем:
Прикосновенье одно всему причиняло бы гибель,
Ибо ведь если ничто не имело бы вечного тела,
Всякая сила могла б сплетенье любое расторгнуть.
Но, раз на деле начал сцепления между собою
Многоразличны и вся существует материя вечно,
Тело вещей до тех пор нерушимо, пока не столкнется
С силой, которая их сочетанье способна разрушить.

Так что, мы видим, отнюдь не вничто превращаются вещи,
Но разлагаются все на тела основные обратно.
И в заключенье: дожди исчезают, когда их низвергнет
Сверху родитель-эфир на земли материнское лоно.
Но наливаются злаки взамен, зеленеют листвою
Ветви дерев, и растут, отягчаясь плодами, деревья.
Весь человеческий род и звери питаются ими,
И расцветают кругом города поколением юным,
И оглашается лес густолиственный пением птичьим;
Жирное стадо овец, отдыхая на пастбище тучном,
В неге ленивой лежит, и, белея, молочная влага
Каплет из полных сосцов, а там уже и юное племя
На неокрепших ногах по мягкому прыгает лугу,
Соком хмельным молока опьяняя мозги молодые.
Словом, не гибнет ничто, как будто совсем погибая,
Так как природа всегда возрождает одно из другого
И ничему не дает без смерти другого родиться.

Лукреций Кар. О природе вещей. - М., 1983. - С. 31-34.

Н.Коперник

О вращениях небесных сфер

Среди многочисленных и разнообразных занятий науками и искусствами, которые питают человеческие умы, я полагаю, в первую очередь нужно отдаваться и наивысшее старание посвящать тем, которые касаются наипрекраснейших и наиболее достойных для познания предметов. Такими являются науки, которые изучают божественные вращения мира, течения светил, их величины, расстояния, восход и заход, а также причины остальных небесных явлений и, наконец, объясняют всю форму вселенной. А что может быть прекраснее небесного свода, содержащего все прекрасное! Это говорят и самые имена: Caelatus (небо) и

Mundus (мир); последнее включает понятие чистоты и украшения, а первое – понятие чеканного (Caelatus).

Многие философы ввиду необычайного совершенства неба называли его видимым богом. Поэтому, если оценивать достоинства наук в зависимости от той материи, которой они занимаются, наиболее выдающейся будет та, которую одни называют астрологией, другие – астрономией, а многие из древних – завершением математики. Сама она, являющаяся, бесспорно, главой благородных наук и наиболее достойным занятием свободного человека, опирается почти на все математические науки. Арифметика, геометрия, оптика, геодезия, механика и все другие имеют к ней отношение.

И так как цель всех благородных наук – отвлечение человека от пороков и направление его разума к лучшему, то больше всего может сделать астрономия вследствие представляемого ею разуму почти невероятно большего наслаждения. Разве человек, прилепляющийся к тому, что он видит построенным в наилучшем порядке и управляющимся божественным изволением, не будет призываться к лучшему после постоянного, ставшего как бы привычкой созерцания этого, и не будет удивляться творцу всего, в ком заключается все счастье и благо? И не напрасно сказал божественный псалмопевец, что он наслаждается творением божьим и восторгается делами рук его! Так неужели при помощи этих средств мы не будем как бы на некоей колеснице приведены к созерцанию высшего блага? А какую пользу и какое украшение доставляет астрономия государству (не говоря о бесчисленных удобствах для частных людей)! Это великолепно заметил Платон, который в седьмой книге «Законов» высказывает мысль, что к полному обладанию астрономией нужно стремиться по той причине, что при ее помощи распределенные по порядку дней в месяцах и годах сроки празднеств и жертвоприношений делают государство живым и бодрствующим. И если, говорит он, кто-нибудь станет отрицать необходимость для человека восприятия этой одной из наилучших наук, то он будет думать в высшей степени неразумно. Платон считает также, что никак невозможно кому-нибудь сделаться или

назваться божественным, если он не имеет необходимых знаний о Солнце, Луне и остальных светилах.

И вместе с тем скорее божественная, чем человеческая, наука, изучающая высочайшие предметы, не лишена трудностей. В области ее основных принципов и предположений, которые греки называют «гипотезами», много разногласий мы видели у тех, кто начал заниматься этими гипотезами, вследствие того, что спорящие не опирались на одни и те же рассуждения. Кроме того, течение светил и вращение звезд может быть определено точным числом и приведено в совершенную ясность только по прошествии времени и после многих произведенных ранее наблюдений, которыми, если можно так выразиться, это дело из рук в руки передается потомству.

Действительно, хотя Клавдий Птолемей Александрийский, стоящий впереди других по своему удивительному хитроумию и тщательности, после более чем сорокалетних наблюдений завершил создание всей этой науки почти до такой степени, что, кажется, ничего не осталось, чего он не достиг бы, мы все-таки видим, что многое не согласуется с тем, что должно было бы вытекать из его положений; кроме того, открыты некоторые иные движения, ему не известные. Поэтому и Плутарх, говоря о тропическом солнечном годе, заметил: «До сих пор движение светил одерживало верх над знаниями математиков». Если я в качестве примера привожу этот самый год, то я полагаю, что всем известно, сколько различных мнений о нем существовало, так что многие даже отчаивались в возможности нахождения точной его величины.

Если позволит бог, без которого мы ничего не можем, я попытаюсь подробнее исследовать такие же вопросы и относительно других светил, ибо для построения нашей теории мы имеем тем больше вспомогательных средств, чем больший промежуток времени прошел от предшествующих нам создателей этой науки, с найденными результатами которых можно будет сравнить те, которые вновь получены также и нами. Кроме того, я должен признаться, что многое я

передаю иначе, чем предшествующие авторы, хотя и при помощи, так как они впервые открыли доступ к исследованию этих предметов.

Жизнь науки. Антология выступлений к классике естествознания. – М., 1973.- С. 192-194.

Р. Декарт. Первоначала философии

...Я нисколько не сомневаюсь в том, что мир изначально был создан во всем своем совершенстве, так что уже тогда существовали Солнце, Земля, Луна и звезды; на Земле не только имелись зародыши растений, но и сами растения покрывали некоторую ее часть; Адам и Ева были созданы не детьми, а взрослыми. Христианская религия требует от нас такой веры, а естественный разум убеждает нас в ее истинности, ибо, принимая во внимание всемогущество Бога, мы должны полагать, что все им созданное было с самого начала во всех отношениях совершенным. И подобно тому как природу Адама и райских деревьев можно много лучше постичь, если рассмотреть, как дитя мало-помалу формируется во чреве матери и как растения происходят из семян, нежели просто видеть их, какими их создал Бог,— подобно этому мы лучше разъясним, какова вообще природа всех сущих в мире вещей, если сможем вообразить некоторые весьма понятные и весьма простые начала, исходя из коих мы ясно сможем показать происхождение светил, Земли и всего прочего видимого мира как бы из некоторых семян; и хотя мы знаем, что в действительности все это не так возникло, мы объясним все лучше, чем описав мир таким, каков он есть или каким, как мы верим, он был сотворен. А поскольку я думаю, что отыскал подобного рода начала, я и постараюсь их здесь изложить.

...Мы уже отметили выше..., что все тела, составляющие универсум, состоят из одной и той же материи, бесконечно делимой и действительно разделенной на множество частей, которые движутся различно, причем движение они имеют некоторым образом кругообразное, и в мире постоянно сохраняется одно и то же количество движения. Но сколь велики частицы, на которые материя разделена,

сколь быстро они движутся и какие дуги описывают, мы не смогли подобным же образом установить. Ибо так как Бог может управлять ими бесконечно различными способами, то какие из этих способов им избраны, мы можем постичь только на опыте, но никак не посредством рассуждения. Вот почему мы вольны предположить любые способы, лишь бы все вытекающее из них вполне согласовалось с опытом. Итак, если угодно, предположим, что вся материя, из которой Бог создал видимый мир, была сначала разделена им на части, сколь несмежно равные между собой и притом умеренной величины, т.е. средней между различными величинами тех, что ныне составляют небо и звезды. Предположим, наконец, что все они стали двигаться с равной силой двумя различными способами, а именно каждая вокруг своего собственного центра, образовав этим путем жидкое тело, каковым я полагаю небо; кроме того, некоторые двигались совместно вокруг нескольких центров, расположенных в универсуме так, как в настоящее время расположены центры неподвижных звезд; число их тогда было больше, оно равнялось числу звезд вместе с числом планет и комет; скорость, с которой они были движимы, была умеренная, иначе говоря, Бог вложил в них все движение, имеющееся в мире и ныне.

...Этих немногих предположений, мне кажется, достаточно, чтобы пользоваться ими как причинами или началами, из коих я выведу все следствия, видимые в нашем мире, на основании одних изложенных выше законов... Я не думаю, чтобы можно было измыслить иные, более простые, более доступные разуму, а также и более правдоподобные начала, нежели эти. И хотя указанные законы природы таковы, что, даже предположив описанный поэтами хаос, иначе говоря, полное смещение всех частей универсума, все же возможно посредством этих законов доказать, что смещение должно было мало-помалу привести к существующему ныне порядку мира — что я уже и пытался показать,— но так как соответственно высшему совершенству, присущему Богу, подобает считать его не столько создателем смешения, сколько создателем порядка, а также и потому, что понятие наше о нем менее отчетливо, то я и счел нужным предпочесть здесь

соразмерность и порядок хаотическому смешению. И так как нет соразмерности и порядка проще и доступнее для познания, чем тот, который состоит в полном равенстве, я и предположил, что все части материи сначала были равны как по величине, так и по движению, и не пожелал допустить в универсуме никакого неравенства, кроме того, которое состоит в различии положения неподвижных звезд, что для всякого, кто созерцает ночное небо, обнаруживается с ясностью, не допускающей сомнений. Впрочем, маловажно, каким я предполагаю изначальное расположение материи, раз впоследствии, согласно законам природы, в этом расположении должно было произойти изменение. Едва ли можно вообразить расположение материи, исходя из которого нельзя было бы доказать, что, согласно этим законам, данное расположение должно постоянно изменяться, пока не составится мир, совершенно подобный нашему (хотя, быть может, из одного предположения это выводится дольше, чем из другого). Ибо в силу этих законов материя последовательно принимает все формы, к каким она способна, так что, если по порядку рассмотреть эти формы, возможно наконец дойти до той, которая свойственна нашему миру. Я особенно это подчеркиваю для того, чтобы стало ясно, что, говоря о предположениях, я не делаю, однако, ни одного такого, ложность которого — хотя бы и явная — могла бы дать повод усомниться в истинности выводимых из него заключений.

Декарт Р. Первоначала философии // Сочинения: В 2 т. - М., 1989. - Т. I. - С. 262-264, 390-394.

А. Пуанкаре. Эволюция современной физики

Мы имеем, таким образом, драгоценные сведения о свойствах эфира. Позволяют ли они нам построить материальное изображение той среды, которая наполняет Вселенную, и решить таким образом проблему, перед которой оказывались безуспешными долгие усилия наших предшественников?

Некоторые ученые, по-видимому, питали эту надежду... В настоящее время мы наблюдаем среди физиков как раз противоположную тенденцию; они

полагают, что материя есть предмет крайне сложный и что напрасно мы считаем себя хорошо осведомленными относительно нее. Происходит это потому, что мы очень привыкли иметь с ней дело и ее странные свойства в конце концов начинают нам казаться естественными. Но в объективной действительности эфир, по всей вероятности, значительно проще и именно его то и следовало бы рассматривать как основу.

Нельзя, следовательно, определить эфир материальными свойствами. Пытаться определить его иными качествами, чем те, непосредственное и точное познание которых дает нам опыт, значило бы делать дело, заранее обреченное на неудачу.

Эфир определен, раз в каждой точке его нам известны по величине и по направлению два поля – электрическое и магнитное, которые могут в этой точке существовать. Эти два поля могут изменяться; мы по привычке говорим о движении, которое распространяется в эфире, но явление, доступное опыту, – это распространение этих изменений.

Так как электроны, рассматриваемые как изменение эфира, распределенного симметрически вокруг данной точки, вполне симулируют инерцию, это основное свойство материи, то становится очень соблазнительным предположить, что и сама материя есть более или менее сложное сочетание движущихся наэлектризованных центров.

Склонность эта обыкновенно очень значительна, как доказывает исследование световых спектров, образуемых атомами. И именно вследствие компенсаций, происходящих между различными движениями, существенные свойства материи, например, закон сохранения инерции, не противоречат гипотезе.

Силы сцепления, как предполагается, обязаны своим происхождением взаимным притяжениям, которые действуют на электрических и магнитных полях, образуемых внутри тела. Можно даже допустить, что под влиянием этих действий

может образоваться тенденция к определенным ориентировкам, иначе говоря, здесь выступает причина, по которой материя может кристаллизоваться.

Все опыты над проводимостью газов или металлов и над радиациями активных тел давали нам основание рассматривать атом, как состоящий из центра, заряженного положительно, по величине равного приблизительно самому же атому, при чем вокруг этого центра вращаются, тяготея к нему, электроны. Можно, очевидно, предположить, что этот положительный центр сохраняет основные свойства материи и что только сами электроны обладают одной лишь электромагнитной массой.

Об этих положительных частицах мы плохо осведомлены, хотя они и встречаются в изолированном виде, как мы это видели, например, в канальных лучах. Их нельзя было изучать столь же уверенно, как самые электроны; благодаря своей величине, они производят в телах, на которые падают, значительные потрясения, которые выражаются вторичными испусканиями, усложняющими и маскирующими первоначальное явление. Есть, тем не менее, серьезные основания думать, что эти положительные центры не отличаются простотой. Так, Штарк¹, опираясь на очень остроумные доказательства, добытые им опытным путем, приписывает им образование спектров полос в Гейсслеровых трубках; сложность спектра раскрыла бы и сложность центра. Впрочем, известные особенности, которые представляет проводимость металлов, не могли бы быть объяснены, раз не было бы сделано подобного предложения. Таким образом, атом, лишенный катодной частицы, также может быть разложен на элементы, аналогичные электронам и заряженные положительно.

Раз уже это так, то ничто не мешает предполагать, что и этот центр также симулирует инерцию своими электромагнитными свойствами и что он представляет собою лишь известное состояние, локализованное в эфире.

¹ Точно также и Ленар установил, что часть спектра электрической дуги обязана, по-видимому, своим существованием атомам, сделавшимся положительными благодаря потере одного или нескольких отрицательных электронов.

Как бы то ни было, но здание, построенное подобным образом, состоящее из электронов, находящихся в периодическом движении, необходимо должно ветшать. Электроны подвержены ускорениям, которые образуют излучения, направленные наружу. Некоторые из них могут отдаляться от тела, гарантии сохранения первоначальной прочности в конце концов ослабевают, начинает образовываться новое соединение и материя является нам претерпевающей преобразования, замечательные примеры которых дают нам радиоактивные тела.

Все эти замечания о строении материи мы уже встречали по частям. Более глубокое изучение электрона позволяет нам занять такую позицию, стоя на которой мы можем видеть вещи ясно в их целом и угадывать бесконечные горизонты.

Но для того, чтобы укрепить эту позицию, следовало бы еще устранить некоторые возражения: устойчивость электрона недостаточно доказана; почему, каким образом не рассеивается его заряд, какие связки обеспечивают постоянство его строения?

С другой стороны, остаются таинственными явления тяготения. Лоренц, правда, пытался выработать теорию, в которой он объясняет притяжение, допуская, что два заряда одинакового знака отталкиваются меньше, чем притягиваются два заряда равных, но с обратными знаками, при чем разница, судя по вычислениям, так ничтожна здесь, что не поддается непосредственному наблюдению. Он пытался также объяснить тяготение теми давлениями, которые должны оказывать на тела колебательные движения, образующие лучи, способные проникать очень глубоко. Недавно Сутерлянд выдвинул было то объяснение, что притяжение создается разницей действия конвекционных токов, образуемых теми положительными и отрицательными тельцами, которые составляют атомы небесных светил и вовлекаются в астрономические движения. Но все эти гипотезы крайне туманны и многие авторы полагают, вместе с Лянжевенном, что притяжение создается известным родом действия эфира, совершенно отличным от рода электромагнитного.

Пуанкаре А.. Эволюция современной физики.- СПб., 1910.- С. 177-179.

М.Планк. Единство физической картины мира

С давних времен, с тех пор, как существует изучение природы, оно имело перед собой в качестве идеала конечную, высшую задачу: объединить пестрое многообразие физических явлений в единую систему, а если возможно, то в одну-единственную формулу. При решении этой задачи издавна противостояли друг другу два метода, которые нередко соревновались между собой, а еще чаще взаимно исправляли и дополняли друг друга, в особенности в тех случаях, когда они соединялись для совместной работы в руках одного исследователя. Один из этих методов, более решительный, смело обобщает в одно целое результаты отдельных исследований и сразу ставит в центр внимания одно какое-нибудь понятие или один закон, которому и стремится подчинить с большим или меньшим успехом всю природу со всеми ее проявлениями. Так, у Фалеса Милетского – «вода», у Вильгельма Оствальда – «энергия», у Генриха Герца – «принцип прямейшего пути» играли всякий раз роль главного и центрального пункта физического мировоззрения, который должен объяснить и связать между собой все физические явления.

Второй метод осторожнее, скромнее и достовернее, но зато ведет не так быстро к цели, как первый, и потому получил признание значительно позднее. Он отказывается с самого начала от окончательных результатов и вносит в общую картину только те штрихи, которые представляются достоверно установленными на основании непосредственных опытов, а обобщение их предоставляет дальнейшему исследованию. Наиболее выразительную формулировку получил этот метод в известном определении, которое Густав Кирхгоф дал механике, как «описанию» происходящих в природе движений. Оба метода взаимно дополняют друг друга, и физическое исследование не может отказаться ни от одного из них.

Но теперь я намерен вести речь не об этой двойной методике нашей науки. Я хотел бы обратить ваше внимание на более важный принципиальный вопрос о

том, к каким результатам привела эта своеобразная методика и к каким результатам она должна привести в будущем. Никто не станет сомневаться в том, что физика сделала подлинные успехи в своем развитии, что мы с каждым десятилетием значительно лучше познаем природу. В этом может нас убедить один только взгляд на все растущие по числу и значению средства, при помощи которых человечество подчиняет природу своим целям. Но каково в общем направление, в котором развиваются эти успехи? Насколько мы действительно приблизились к конечной цели, к единой системе? Исследование этих вопросов должно иметь величайшее значение для всякого физика, который хочет сознательно следить за развитием своей науки. Если мы сумеем добиться ответа на этот вопрос, то мы будем также в состоянии отдать себе отчет и в другом вопросе, о котором ведется столько горячих споров: чем является по существу то, что мы называем физической картиной мира? Есть ли эта картина только целесообразное, но в сущности произвольное создание нашего ума, или же мы вынуждены, напротив, признать, что она отражает реальные, совершенно не зависящие от нас явления природы?

Для того чтобы определить, в каком направлении происходит развитие физической науки, есть только один способ: сравнить современное состояние ее с тем, в котором она находилась в прежнее время. Если же спросить, какой внешний признак может дать лучшую характеристику данной стадии развития какой-нибудь науки, то я не могу указать более общего признака, чем тот способ, по которому наука определяет свои основные понятия и подразделяет свои различные области. Дело в том, что ясность и целесообразность определений и способ распределения материала нередко содержат в себе в неявной форме последние и самые зрелые результаты исследования.

Посмотрим теперь, как обстоит дело в этом отношении в физике. Прежде всего мы убеждаемся в том, что научное физическое исследование во всех его областях связано или с непосредственными практическими потребностями, или с особо выдающимися явлениями природы. Этим точкам зрения естественно

соответствует первоначальное разделение физики и наименование отдельных ее областей. Так, например, геометрия возникла из искусства землемерия, механика – из учения о машинах, акустика, оптика, учение о теплоте – из соответствующих восприятий чувств, учение об электричестве – из любопытных наблюдений над натертым янтарем, теория магнетизма – из замечательных особенностей руды, найденной у города Магнезии. Соответственно тому, что весь наш опыт связан с ощущениями органов чувств, физиологический элемент оказывается преобладающим во всех физических определениях. Короче: вся физика, ее определения и вся ее структура, первоначально имела, в известном смысле, антропоморфный характер.

Насколько отличается от этого картина современной теоретической физики! Прежде всего она в целом имеет более объединенный характер. Число отдельных областей физики значительно уменьшилось, так как родственные области слились между собой: так, например, акустика целиком вошла в механику, магнетизм и оптика слились с электродинамикой. Это упрощение сопровождается заметным ослаблением роли исторически-человеческого элемента во всех физических определениях. Какой физик вспоминает еще в настоящее время по поводу электричества о натертом янтаре или по поводу магнетизма – о малоазиатском месте нахождения первого естественного магнита? В физической акустике, оптике, учении о теплоте оказались исключительными именно ощущения отдельных органов чувств. Физические определения тона, цвета, температуры вовсе не заимствованы теперь от непосредственных восприятий соответствующих органов чувств. Тон и цвет определяются на основании числа колебаний или длины волны...

Это вытеснение специфически-чувственного элемента из определения физических понятий зашло так далеко, что даже те области физики, которые первоначально считались едиными, как соответствующие одному чувственному ощущению, теперь оказались распавшимися на части, вследствие разрушения объединявшей их связи – в противоречии даже с общим стремлением к

объединению и слиянию. Наилучшим примером может служить учение о теплоте. Первоначально теплота представляла собой определенную ограниченную область физики, которая характеризовалась ощущениями теплового чувства. В настоящее время мы видим, что во всех учебниках физики целый отдел о тепловом лучеиспускании выделен из теплоты и отнесен к оптике. Роль теплового ощущения оказывается уже недостаточной для того, чтобы связать разнородные части: одна из этих частей вошла в оптику и вместе с последней в электродинамику, а другая – в механику, в частности – в кинетическую теорию материи.

Если мы оглянемся на сказанное, то мы можем формулировать его вкратце следующим образом. Развитие всей теоретической физики до настоящего времени совершается под знаком объединения ее системы, которое достигается благодаря освобождению от антропоморфных элементов, в частности – от специфических чувственных ощущений. Если, с другой стороны, вспомнить, что, по общепризнанному мнению, ощущения являются исходным пунктом всякого физического исследования, то это отклонение от основных предпосылок может показаться странным, даже парадоксальным. А между тем ни один факт в истории физики не представляется таким несомненным, как этот. Действительно, должны были существовать неопределимые преимущества, ради которых стоило совершить такое принципиальное самоотречение!

Прежде чем перейти ближе к этому важному пункту, обратим наш взор от прошлого и настоящего к будущему. Как будет разделена система физики в будущем? В настоящее время противостоят друг другу две значительные области – механика и электродинамика, или, как еще иначе говорят, физика материи и физика эфира. Первая - объединяет акустику, теплоту, химические явления; вторая – включает магнетизм, оптику и лучистую теплоту. Будет ли это подразделение окончательным? Я этого не думаю, прежде всего потому, что обе эти области вовсе не резко отграничены друг от друга. Относятся ли, например, явления лучеиспускания к механике или электродинамике? Или же – в какую

область включить законы движения электронов? С первого взгляда можно было бы сказать, что к электродинамике, так как у электронов весома материя не играет никакой роли. Но обратим внимание хотя бы на движения свободных электронов в металлах. При изучении, например, исследований Лоренца мы найдем, что законы такого движения гораздо больше подходят к кинетической теории газов, чем в электродинамике. Вообще мне кажется, что первоначальная противоположность между эфиром и материей несколько сгладилась. Электродинамика и механика вовсе не противостоят друг другу, взаимно исключая одна другую, как это принято думать в широких кругах, где даже говорят о борьбе между механическим и электродинамическим мирозерцанием. Механика нуждается для своего обоснования только в понятиях пространства, времени и того, что движется, назовем ли мы это веществом или состоянием. Без этих понятий не может обойтись и электродинамика. Соответственным образом обобщенное понимание механики могло бы включить в себя также и электродинамику. Действительно, есть немало указаний, говорящих за то, что эти области, которые уже теперь частью переходят друг в друга, со временем сольются в одну область – общую динамику.

Если противоположность между материей и эфиром будет ликвидирована, то какая точка зрения будет окончательно положена в основу разделения системы физики? На основании того, что мы сказали выше, этот вопрос вместе с тем характеризует весь дальнейший ход развития нашей науки. Но для ближайшего изучения его нам необходимо проникнуть несколько глубже в особенности физических принципов.

Планк М. Единство физической картины мира. – М., 1966.- С.23-28.

М.Планк
Физическая картина мира

...Оглянемся на те изменения, которые претерпела картина мира в ходе развития науки, и сравним их с намеченными нами особенностями будущего

развития. Тогда придется признать, что будущий образ мира окажется гораздо более бледным, сухим и лишенным непосредственной наглядности по сравнению с пестрым красочным великолепием первоначальной картины, которая возникла из разнообразных потребностей человеческой жизни и несла на себе отпечаток всех специфических чувственных ощущений. Эту особенность точных наук можно оценить как серьезный их недостаток. К тому же нужно иметь в виду то важное обстоятельство, что мы не можем совершенно исключить наши ощущения, так как мы не можем заградить единственный источник нашего эмпирического знания, а потому не может быть и речи о непосредственном познании абсолютного.

Какое же обстоятельство дает такие особенные преимущества будущей картине мира, что оно вытеснит все прежние, несмотря на указанные недостатки? Это не что иное, как единство его: единство по отношению ко всякому месту и времени, единство по отношению ко всем исследователям, всем народностям, всем культурам.

Если мы присмотримся ближе, то старую систему физики можно сравнить не с одной картиной, а скорее с целой коллекцией картин, поскольку для каждого класса явлений природы имеется свой образ. И все эти различные картины не были связаны между собой; можно было удалить любую из них, нисколько не повлияв на все остальные. Это окажется уже невозможным по отношению к будущей картине физического мира. В ней нельзя будет пренебречь ни одним штрихом. Каждый штрих представится необходимой составной частью целого и будет иметь определенное значение для наблюдаемой природы. С другой стороны, каждое наблюдаемое физическое явление найдет себе свое место в общей картине. В этом заключается существенное различие по сравнению с обычными образами, по отношению к которым считается достаточным, если они соответствуют оригиналу хотя бы в некоторых, а не во всех чертах. По моему мнению, этому различию уделяется слишком мало внимания даже в кругах физиков. В современной специальной литературе приходится встречаться с такого рода

замечаниями, что, применяя теорию электронов или кинетическую теорию газов, следует всегда иметь в виду, что они претендуют дать только приблизительный образ действительности. Если перефразировать это замечание таким образом, что нельзя требовать от всех следствий из кинетической теории газов полного соответствия данным опыта, то такое мнение основывалось бы на грубом недоразумении.

Когда Рудольф Клаузиус вывел в середине прошлого столетия из основ кинетической теории газов, что скорости газовых молекул измеряются при обычной температуре сотнями метров в секунду, то ему возражали на это, что газы диффундируют очень медленно друг в друга и что местные разности температур в газах выравниваются также очень медленно. Тогда Клаузиус не ссылаясь в подтверждение своей гипотезы на то, что она дает лишь приблизительный образ действительности и что от нее нельзя требовать слишком много. Напротив, он показал, вычислив величину среднего свободного пробега, что нарисованная им картина соответствует действительности также и в других указанных случаях. Он был твердо убежден, что, если бы новая теория оказалась в противоречии хотя бы с одним фактом, то она неминуемо потеряла бы свое место в общей физической картине мира. Точно также обстоит дело и в настоящее время.

То обстоятельство, что физическая картина мира удовлетворяет высоким требованиям, которые ей предъявляются, и обуславливает ту непреодолимую силу, с которой она завоевывает всеобщее признание, независимо от доброй воли отдельного исследования, независимо от национальности и от века, независимо даже от человеческого рода. Последнее утверждение может показаться на первый взгляд слишком смелым, если даже не абсурдным. Но вспомним, например, о тех заключениях, которые мы сделали выше по поводу физики марсиан. Нам придется тогда признать, что такие обобщения относятся, во всяком случае к тем, повседневно применяемым в физике, когда по поводу непосредственно наблюдаемых фактов делаются заключения, которые никогда не могут быть

проверены человеческими наблюдениями; зато всякий, кто не хочет признать их значения и убедительности, тем самым вынужден отказаться от физического метода мышления.

Ни один физик не сомневается в правильности допущения, что существо, которое было бы в состоянии физически мыслить и имело бы особый орган для ультрафиолетовых лучей, признало бы однородность этих лучей с видимыми лучами, хотя никто не видел ни ультрафиолетового луча, ни такого существа. Точно так же химик никогда не задумывается перед тем, чтобы приписать находящемуся на Солнце натрию такие же свойства, какие имеет земной натрий, несмотря на то, что он никогда не может надеяться наполнить свою пробирку солью солнечного натрия.

Последние соображения приводят нас уже к ответу на те вопросы, которые я поставил в конце своего вступления: является ли физическая картина мира только более или менее произвольным созданием нашего ума, или же, наоборот, мы вынуждены признать, что она отражает реальные, совершенно независимые от нас явления природы? Выражаясь конкретнее, имеем ли мы разумные основания утверждать, что принцип сохранения энергии существовал в природе еще тогда, когда ни один человек не мог думать о нем или что небесные тела будут по-прежнему двигаться согласно закону тяготения и после того, как Земля со всеми ее обитателями разлетится в куски?

Если я, на основании всего вышесказанного, отвечу утвердительно на этот вопрос, то я при этом хорошо сознаю, что этот ответ находится в известном противоречии с тем направлением в философии природы, которым руководит Эрнст Мах и которое пользуется в настоящее время большими симпатиями среди естествоиспытателей. Согласно этому учению, в природе не существует другой реальности, кроме наших собственных ощущений, и всякое изучение природы является в конечном счете только экономным приспособлением наших мыслей к нашим ощущениям, к которому мы приходим под влиянием борьбы за

существование. Разница между физическим и психическим – чисто практическая и условная; единственные существенные элементы мира - это наши ощущения.

Если мы сопоставим это положение с теми результатами, которые мы вывели из нашего обзора действительного развития физики, то мы неизбежно придем к странному заключению, что это развитие выражается в непрерывном исключении именно этих элементов мира из физической картины мира. Каждый добросовестный физик должен был бы старательно отличать свое собственное мировоззрение, как своеобразное по логическому содержанию и совершенно отличное от всех других. Положим, что два других физика, произведя один и тот же опыт, стали бы утверждать, что получили противоположные результаты. Наш исследователь допустил бы принципиальную ошибку, если бы вздумал утверждать, что по меньшей мере один из них ошибается: ведь противоречие могло быть обусловлено различием обоих мирозерцаний. Я не думаю, чтобы настоящий физик мог когда-нибудь прийти к такому странному ходу мыслей.

Я готов признать, что доказанная на опыте чрезвычайно малая вероятность практически не отличается от невозможности. Но зато я особенно хотел бы подчеркнуть, что те нападки, которые названная школа направляет против атомистических гипотез и электронной теории, несправедливы и несостоятельны. Напротив, я готов выдвинуть в противовес им такое положение (я знаю, что не останусь одинок в защите его): атомы, хотя мы знаем еще мало подробностей об их свойствах, не более и не менее реальны, чем небесные тела или окружающие нас земные предметы, и если я говорю, что атом водорода весит $1,6 \times 10^{-24}$ г, то это положение не менее обосновано, чем то, что Луна весит 7×10^{25} г. Правда, я не могу ни положить атом водорода на чашку весов, ни вообще увидеть его. Но и Луну я тоже не в состоянии положить на весы. Что же касается видения, то существуют, как известно, также невидимые небесные тела, масса которых измерена более или менее точно: ведь масса Нептуна была измерена еще раньше, чем какой-нибудь астроном вздумал направить на него свой телескоп. Не существует такого метода физического измерения, из которого было бы

исключено всякое познание, основанное на индукции; это не относится и к непосредственному измерению. Достаточно раз заглянуть в лабораторию точных исследований, чтобы убедиться в том, какой запас опытных данных и отвлеченных рассуждений требуется для одного такого простого, на первый взгляд, измерения.

Но постоянная и цельная картина мира представляет собой, как я пытался доказать, ту незыблемую цель, к которой непрерывно стремиться естествознание в ходе своего развития. В отношении физики мы имеем основания утверждать, что уже современная картина мира, хотя она еще сверкает различными красками в зависимости от личности исследователя, все же содержит в себе некоторые черты, которых больше не изгладит никакая революция ни в природе, ни в мире человеческой мысли. Этот постоянный элемент, не зависящий ни от какой человеческой и даже ни от какой вообще мыслящей индивидуальности, и составляет то, что мы называем реальностью. Найдется ли, например, в настоящее время хоть один серьезный физик, который сомневался бы в реальности принципа сохранения энергии? Скорее наоборот: реальность этого принципа принимается за первоначальное допущение, которое кладется в основу научного исследования.

Правда, еще невозможно дать какие-либо общие указания относительно того, насколько можно быть уверенным, что мы уже установили основные черты будущей картины мира. В этом отношении нужно быть очень осторожным. Но этот вопрос стоит только на втором плане. Единственно важным является только признание незыблемой, хотя и недостижимой, цели, и эта цель состоит не в полном приспособлении наших мыслей к нашим ощущениям, а в полном освобождении физической картины мира от индивидуальности творческого ума. Это и есть более точная формулировка того, что я назвал выше освобождением от антропоморфных элементов. Надеюсь, что таким образом я исключу возможность недоразумения, будто мирозерцание должно быть вообще освобождено от творческого ума: последнее совершенно неосуществимо.

В заключение я приведу еще один довод, который произведет, пожалуй, большее впечатление, чем вышеприведенные соображения по существу, на тех, кто считает самым важным критерием познания человеческо-экономическую точку зрения. Когда великие творцы точного естествознания проводили свои идеи в науку, - когда Коперник удалил Землю из центра мира, когда Кеплер формулировал свои законы, когда Ньютон открыл всемирное тяготение, когда Гюйгенс установил волновую теорию света, когда Фарадей создал основы электродинамики, - едва ли все эти ученые опирались на экономическую точку зрения в борьбе против унаследованных воззрений и подавляющих авторитетов. Нет, опорой всей их деятельности была незыблемая уверенность в реальности их картины мира. Ввиду такого несомненного факта трудно отделаться от опасения, что ход мыслей передовых умов был бы нарушен, полет их фантазии ослаблен, а развитие науки было бы роковым образом задержано, если бы принцип экономии Маха действительно сделался центральным пунктом теории познания. Не будет ли действительно «экономичнее», если мы укажем принципу экономии более скромное место? Во всяком случае вы видите уже по формулировке этого вопроса, что я вовсе не намерен умахлять или даже отрицать ценность принципа экономии в высшем его значении.

Мы можем даже сделать еще один шаг вперед. Названные мною ученые говорили вовсе не о своей картине мира, а о самом мире или природе. Есть ли заметная разница между их «миром» и нашей «картиной мира будущего»? Разумеется, нет: ведь еще со времен Канта стало общепризнанным, что не существует метода, при помощи которого можно было бы установить такое различие. Сложное выражение «картина мира» стали употреблять только из осторожности, чтобы с самого начала исключить возможность иллюзий. Но мы можем снова заменить его простым словом «мир», если заранее решим быть осторожными и понимать под этим словом только идеальное мирозерцание будущего. Таким путем мы придем к более реалистическому способу выражения, который даже с экономической точки зрения следует предпочесть сложному и с

трудом воспринимаемому позитивизму Маха. Это тот самый способ выражения, который фактически употребляется физиками, когда они говорят на языке своей науки.

Я говорил только что об иллюзиях. С моей стороны было бы худшей иллюзией, если бы я думал, что мои соображения отличаются всеобщей убедительностью или хотя бы общепринятостью, и я всячески постараюсь не впасть в такую иллюзию. Несомненно, об этих вопросах будет еще много передумано и написано: ведь теоретиков много, а бумага терпелива. Поэтому мы должны еще более единодушно и неотступно придерживаться того, что мы все без исключения всегда признавали: это прежде всего добросовестность в самокритике, соединенная с настойчивостью в борьбе за то, что мы раз признали справедливым; затем искреннее, не зависящее даже от недоразумений уважение к личности научного противника и, наконец, спокойная уверенность в силе того слова, которое еще девятнадцать столетий тому назад учило безошибочно отличать ложных пророков от истинных: «По плодам их – познаете их».

Планк М. Единство физической картины мира. – М., 1966.- С.43-50.

4. ПРОБЛЕМА ЭЛЕМЕНТАРНОГО ОБЪЕКТА

В.Вайскопф. Нильс Бор, квант и мир

Одним из достижений, выделяющихся в сложной истории идей XX в., явилось развитие наших представлений о строении вещества. Это развитие шло путем неуклонного, все более глубокого проникновения в суть внутренней структуры атома и сопровождалось чрезвычайным расширением нашего понимания природы материи. Современный научный прогресс часто описывают, оперируя представлениями о революциях и переворотах, когда новая теория разрушает предшествующие теории. Однако такое описание проходит мимо того факта, что развитие науки по своей внутренней сущности эволюционно. Любая из новых и так называемых революционных идей в современной науке возникла как усовершенствование старой системы мышления, ее обобщение или

расширение. Теория относительности не устраняет механику Ньютона — орбиты спутников все еще рассчитываются по ньютоновской теории, — она расширяет область применения механики на случай высокой скорости и устанавливает общую значимость одних и тех же концепций для механики и теории электричества. Появление квантовой теории, видимо, больше других событий в науке напоминает революцию, но даже эти идеи, например принцип неопределенностей, следует рассматривать как уточнение классической механики при переходе к рассмотрению очень малых систем; они не меняют степени приложимости классической механики к движению более крупных тел.

Постоянный и непрекращающийся рост знаний о строении вещества может помогать ученым, живущим в этом столетии беспорядков и переворотов, сохранять стабильность образа мыслей. Влияние же его на общество оказывается иным. Любой рост знаний этого рода приносит все больше и больше способов и средств обращения с новыми веществами, новыми видами энергии и новыми орудиями насилия, которые можно по желанию пускать в ход или прекращать их применение. Это, в свою очередь, неизбежно меняет образ жизни во все возрастающей степени, оставляя нас в неприятном положении, когда мы с нашей привычной системой оценок сталкиваемся с человеческими проблемами, порожденными новыми достижениями науки.

Ничто не может дать лучшей иллюстрации этих проблем, чем изучение жизни Нильса Бора. Это был великий физик, один из величайших. Его имя стоит рядом с именами Галилея, Ньютона, Максвелла и Эйнштейна. Его труды положили начало тому великому развитию науки, о котором мы говорим здесь, и продолжали влиять на него в течение полувека. В большей степени, чем какой-либо другой ученый, он был озабочен человеческими проблемами своей науки, столкновением политики и интересов общества. Он родился в 1885 г.; его жизнь как ученого началась примерно в 1905 г. и продолжалась пятьдесят семь лет. 1905 г. был годом, когда Эйнштейн лишь через несколько лет после открытия Планком

кванта действия опубликовал свою первую статью по специальной теории относительности.

...В 1913 г. была опубликована работа о квантовых орбитах атома водорода. В этой замечательной статье предлагалось объяснять необъяснимые свойства атома с помощью введения совершенно новой физической концепции — представления о квантовом состоянии. Идеи Бора основаны на предшествующих работах Планка и Эйнштейна. Он применил идею кванта к атомной структуре. Вряд ли существует другая статья в физической литературе, которая вызвала бы появление такого множества теорий и открытий.

Этой знаменитой статьей отмечено начало серии новых прозрений. За десять лет, последовавших после ее публикации, многие явления, ранее не находившие объяснения, встали на свое место в общей схеме представлений: структура спектров элементов; процесс поглощения и излучения света; сущность периодической системы элементов, загадочной последовательности свойств 92 различных видов атомов. Это был период, когда качество (индивидуальность химических веществ) было сведено к количеству (числу электронов в атоме). Все это основывалось на боровском предположении о существовании в атоме квантовых орбит, которое в то время еще было предварительной гипотезой. Современники Бора, однако, воспринимали это предположение совершенно буквально, хотя Бор предупреждал их в своих статьях и письмах, что оно не может быть окончательным объяснением и что должно быть открыто нечто фундаментальное, чтобы по-настоящему понять все происходящее при атомном квантовании.

Второй период явился временем, когда квант был полностью понят. Это был героический период, не имеющий параллелей в истории физики, наиболее плодотворный и самый интересный этап современной физики. Не существует отдельной статьи Бора, которая характеризовала бы этот период в той же мере, как это было сделано в первом периоде работой 1913 г. Бор нашел новый метод работы. Он больше не действовал в одиночку, а трудился, объединившись с

другими физиками. Он приобрел большую силу, собрав вокруг себя наиболее активных, наиболее одаренных и самых перспективных физиков мира. В это время у Бора в его знаменитом Институте теоретической физики в Копенгагене работали такие люди, как Клейн, Крамерс, Паули, Гейзенберг, Эренфест, Гамов, Блох, Казимир, Л. Д. Ландау и многие другие. Именно в это время и при участии этих людей были заложены основы квантовых представлений, постигнуто и рассмотрено соотношение неопределенностей, впервые понят корпускулярно-волновой парадокс.

В оживленных дискуссиях с участием двух или большего числа собеседников проливался свет на глубочайшие проблемы строения вещества. Можно представить себе, какая атмосфера, какая жизнь, какая интеллектуальная активность царили в то время в Копенгагене. Здесь ощущалось влияние Бора в самых лучших его проявлениях. Именно здесь он создал свой стиль, копенгагенский дух, стиль весьма специфический, который он внедрил в физику. Мы видим его, величавого, действующего, говорящего, живущего как равный в группе молодых оптимистически настроенных, остроумных, полных энтузиазма людей, постигающих глубочайшие загадки природы, действующих в духе атаки, в духе свободы от привычных пут, в атмосфере шуток, которую с трудом можно описать. Помню, что будучи очень молодым человеком в те времена, когда мне посчастливилось оказаться в Копенгагене, я бывал слегка ошарашен некоторыми шутивными выходками, происходившими в ходе дискуссии и, как мне казалось, свидетельствующими о нарушении приличий. Я поделился своими чувствами с Бором, и он ответил мне так: «Существуют вещи настолько серьезные, что о них можно только шутить».

В это великое для физики время Бор и его сотрудники прикоснулись к нерву Вселенной. Интеллектуальный взор человека устремился к внутренним механизмам природы, до этого покрытым тайной. Как только были установлены фундаментальные принципы атомной механики, стало возможным понять и рассчитать почти все явления в мире атомов, такие, как атомное излучение,

химическая связь, строение кристаллов, металлическое состояние и многие другие. До этого для нас окружающая природа была полна различных сил: электромагнитных, капиллярных, сил сцепления, химических и упругих; теперь все они свелись к одной — к электромагнитной силе. В течение всего лишь нескольких лет была заложена основа науки об атомных явлениях, выросшей теперь в огромную отрасль знания.

Попытаюсь в нескольких словах обрисовать роль новых идей, возникновению которых способствовал Бор. Химия и физика развивались порознь. Химия была наукой о веществе и его специфических свойствах. Атом был понятием химическим: атом золота, кислорода, серебра — разные специфические объекты, существование которых было замечено, но не понято. Физика занималась общими свойствами движения, деформаций и напряжений, электрическими и магнитными полями. Две науки были очень далеки друг от друга. Еще нельзя было ответить на вопрос, откуда взялись характерные свойства вещества.

Специфичность атомов определенного сорта представлялась великим чудом. Что мешало природе породить атом золота, который слегка отличался бы от другого? Почему бы не существовать промежуточным атомам, которые были бы наполовину атомами золота, а наполовину — атомами серебра? Почему не происходит непрерывного изменения свойств от золота до серебра? Что заставляет все атомы одного вещества быть с такой точностью одинаковыми? Почему они не меняются, когда вещество нагревают или подвергают другим внешним воздействиям? Эти вопросы стали еще более острыми и обескураживающими после того как Резерфорд обнаружил, что атомы представляют собой маленькие солнечные системы с атомным ядром вместо центрального солнца и электронами, обращающимися вокруг него подобно планетам. Такие системы должны быть исключительно чувствительны к соударениям и другим возмущающим воздействиям.

Бор увидел, что существует связь между этими свойствами атомов и квантовой теорией. Он попытался формализовать эту точку зрения, постулируя существование квантовых состояний атомных систем, характерных для каждого вида вещества. Электроны могут группироваться вокруг ядра только в небольшом числе вполне определенных вариантов - квантовых состояний - и никаким другим способом. Состояние с наименьшей энергией есть то, которое неизменно должны образовывать электроны при нормальных условиях. Это стабильная конфигурация, поскольку любое ее изменение возможно лишь при подводе энергии в количестве, достаточном для достижения следующего квантового состояния, которое расположено выше по энергетической шкале. Именно такое низшее состояние ответственно за типичные свойства атомов.

Пока это лишь подходящая формулировка объяснения того странного факта, что атомы обладают специфическими свойствами. У Бора она значила несколько больше, поскольку он дал некоторые правила корректного расчета энергий этих квантовых состояний в ряде простых случаев. Однако реальное значение эта новая концепция приобрела, когда стала ясной ее тесная связь с двойственной природой электронов, движение которых иногда наблюдается как движение частиц, а иногда как волновое движение.

Вайскопф В. Физика в двадцатом столетии. – М., 1977.- С. 53-55.

Аристотель. Бытие и материя

...Большинство первых философов считало началом всего одни лишь материальные начала, а именно то, из чего состоят все вещи, из чего как первого они возникают и во что как в последнее они, погибая, превращаются, причем сущность хотя и остается, но изменяется в своих проявлениях, - это они считают элементом и началом вещей. И потому они полагают, что ничто не возникает и не исчезает, ибо такое естество (*physis*) всегда сохраняется; подобно тому как и про Сократа мы не говорим, что он вообще становится, когда становится прекрасным или образованным, или что он погибает, когда утрачивает эти свойства, так как

остаётся субстрат - сам Сократ, точно так же, говорят они, не возникает и не исчезает все остальное, ибо должно быть некоторое естество — или одно, или больше одного, откуда возникает все остальное, в то время как само это естество сохраняется.

Относительно количества и вида такого начала не все учили одинаково. Фалес - основатель такого рода философии - утверждал, что начало - вода (потому он и заявлял, что земля находится на воде); к этому предположению он, быть может, пришел, видя, что пища всех существ влажная и что само тепло возникает из влаги и ею живет (а то, из чего все возникает, - это и есть начало всего). Таким образом, он именно поэтому пришел к своему предположению, равно как потому, что семена всего по природе влажны, а начало природы влажного — вода.

Некоторые же полагают, что и древнейшие, жившие задолго до нынешнего поколения и первые писавшие о богах, держались именно таких взглядов на природу: Океан и Тефию они считали творцами возникновения, а боги, по их мнению, клялись водой, названной самими поэтами Стиксом, ибо наиболее почитаемое — древнейшее, а то, чем клянутся,— наиболее почитаемое. Но действительно ли это мнение о природе исконное и древнее, это, может быть, и недостоверно, во всяком случае о Фалесе говорят, что он именно так высказался о первой причине (что касается Гиппона, то его, пожалуй, не всякий согласится поставить рядом с этими философами ввиду скудости его мыслей).

Анаксимен же и Диоген считают, что воздух первее (*proteron*) воды, и из простых тел преимущественно его принимают за начало; а Гиппас из Метапонта и Гераклит из Эфеса — огонь, Эмпедокл же — четыре элемента, прибавляя к названным землю как четвертое. Эти элементы, по его мнению, всегда сохраняются и не возникают, а в большом или малом количестве соединяются в одно или разъединяются из одного.

А Анаксагор из Клазомен, будучи старше Эмпедокла, но написавший свои сочинения позже его, утверждает, что начал бесконечно много: по его словам, почти все гомеомерии, так же как вода или огонь, возникают и уничтожаются

именно таким путем — только через соединение и разъединение, а иначе не возникают и не уничтожаются, а пребывают вечно.

Исходя из этого за единственную причину можно было бы признать так называемую материальную причину. Но по мере продвижения их в этом направлении сама суть дела указала им путь и заставила их искать дальше. Действительно, пусть всякое возникновение и уничтожение непременно исходит из чего-то одного или из большого числа начал, но *почему* это происходит и *что* причина этого? Ведь как бы то ни было, не сам же субстрат вызывает собственную перемену; я разумею, что, например, не дерево и не медь — причина изменения самих себя, и не дерево делает ложе, и не медь — изваяние, а нечто другое есть причина изменения. А искать эту причину — значит искать некое иное начало, [а именно], как мы бы сказали, то, откуда начало движения. Так вот, те, кто с самого начала взялся за подобное исследование и заявил, что субстрат один, не испытывали никакого недовольства собой, но во всяком случае некоторые из тех, кто признавал один субстрат, как бы под давлением этого исследования объявляли единое неподвижным, как и всю природу, не только в отношении возникновения и уничтожения (это древнее учение, и все с ним соглашались), но и в отношении всякого другого рода изменения; и этим их мнение отличается от других. Таким образом, из тех, кто провозглашал мировое целое единым, никому не удалось усмотреть указанную причину (причину «движения»), разве что Пармениду, да и ему постольку, поскольку он полагает не только одну, но в некотором смысле две причины («теплое» и «холодное»). Те же, кто признает множество причин, скорее могут об этом говорить, например те, кто признает началами теплое и холодное или огонь и землю: они рассматривают огонь как обладающий двигательной природой, а воду, землю и тому подобное — как противоположное ему.

После этих философов с их началами, так как эти начала были недостаточны, чтобы вывести из них природу существующего, сама истина, как мы сказали, побудила искать дальнейшее начало. Что одни вещи бывают, а другие становятся хорошими и прекрасными, причиной этого не может, естественно,

быть ни огонь, ни земля, ни что-либо другое в этом роде, да так они и не думали; но столь же неверно было бы предоставлять такое дело случаю и простому стечению обстоятельств. Поэтому тот, кто сказал, что ум находится, так же как в живых существах, и в природе и что он причина миропорядка и всего мироустройства, казался рассудительным по сравнению с необдуманностями рассуждениями его предшественников. Мы знаем, что Анаксагор высказал такие мысли, но имеется основание считать, что до него об этом сказал Гермотим из Клазомен. Те, кто придерживался такого взгляда, в то же время признали причину совершенства [в вещах] первоначалом существующего, и притом таким, от которого существующее получает движение...

Можно предположить, что Гесиод первый стал искать нечто в этом роде или еще кто считал любовь или вождение началом, например Парменид: ведь и он, описывая возникновение Вселенной, замечает:

Всех богов पहले Эрот был ею замышлен.

А по словам Гесиода:

Прежде всего во Вселенной Хаос зародился,
а следом широкогрудая Гея.

Также - Эрот, что меж всех бессмертных богов
отличается,

ибо должна быть среди существующего некая причина, которая приводит в движение вещи и соединяет их. О том, кто из них первый высказал это, пусть позволено будет судить позже; а так как в природе явно было и противоположное хорошему, и не только устроенность и красота, но также неустроенность и уродство, причем плохого было больше, чем хорошего, и безобразного больше, чем прекрасного, то другой ввел дружбу и вражду, каждую как причину одного из них. В самом деле, если следовать Эмпедоклу и постичь его слова по смыслу, а не по тому, что он туманно говорит, то обнаружат, что дружба есть причина благого, а вражда - причина злого. И потому если сказать, что в некотором смысле Эмпедокл - и притом первый - говорит о зле и благе как о началах, то это,

пожалуй, будет сказано верно, если только причина всех благ - само благо, а причина зол - зло...

Эмпедокл, таким образом, в отличие от своих предшественников первый разделил эту [движущую] причину, признал не одно начало движения, а два разных, и притом противоположных. Кроме того, он первый назвал четыре материальных элемента, однако он толкует их не как четыре, а словно их только два: с одной стороны, отдельно огонь, а с другой - противоположные ему земля, воздух и вода как естество одного рода. Такой вывод можно сделать, изучая его стихи.

Итак, Эмпедокл, как мы говорим, провозгласил такие начала и в таком количестве. А Левкипп и его последователь Демокрит признают элементами полноту и пустоту, называя одно сущим, другое не-сущим, а именно: полное и плотное - сущим, а пустое и <разреженное> - не-сущим (поэтому они и говорят, что сущее существует нисколько не больше, чем не-сущее, потому что и тело существует нисколько не больше, чем пустота), а материальной причиной существующего они называют и то и другое. И так же как те, кто признает основную сущность единой, а все остальное выводит из ее свойств, принимая разреженное и плотное за основания (*archai*) свойств [вещей], так и Левкипп и Демокрит утверждают, что отличия [атомов] суть причины всего остального. А этих отличий они указывают три: очертания, порядок и положение. Ибо сущее, говорят они, различается лишь «строением», «соприкосновением» и «поворотом»; из них «строй» - это очертания, «соприкосновение» - порядок, «поворот» - положение; а именно: *A* отличается от *N* очертаниями, *AN* от *NA* - порядком, *Z* от *N* - положением. А вопрос о движении, откуда или каким образом оно у существующего, и они подобно остальным легкомысленно обошли.

Итак, вот, по-видимому, до каких пределов, как мы сказали, наши предшественники довели исследование относительно двух причин...

Аристотель. Метафизика // Сочинения: В 4 т.. М., 1975.- Т. 1.- С. 71-75, 155- 157, 229-231.

5. ПОРЯДОК И БЕСПОРЯДОК В ПРИРОДЕ

М.Планк. Единство физической картины мира.

...Первоначальное определение необратимости страдает, как мы видели, тем серьезным недостатком, что предполагает определенный предел человеческому умению, между тем как в действительности нельзя указать такого предела. Напротив, человечество прилагает усилия к тому, чтобы раздвинуть как можно шире границы своего могущества, и мы надеемся, что в будущем нам удастся немало такого, что теперь, пожалуй, многим кажется неосуществленным. Разве не может случиться когда-нибудь, что процесс, который до настоящего времени всегда считался необратимым, окажется обратимым в результате какого-нибудь нового открытия или изобретения? Тогда все здание второго начала термодинамики разрушилось бы, так как необратимость одного процесса обуславливает, как легко показать, необратимость всех остальных процессов.

Как показали новейшие исследования броуновского движения, эти удивительные дрожательные движения маленьких взвешенных в жидкости частиц представляют собой прямое следствие непрерывных ударов, которые производят молекулы жидкости о взвешанные частицы. Если бы удалось с помощью какого-нибудь тонкого приспособления так направлять без заметной затраты работы отдельные частицы, чтобы из беспорядочного движения получилось упорядоченное, то таким образом было бы, несомненно, найдено средство превратить часть теплоты жидкости без компенсации в непосредственно видимую, а значит, полезную живую силу. Разве это не явилось бы противоречием второму началу термодинамики? Если бы можно было утвердительно ответить на этот вопрос, то второе начало потеряло бы значение принципа, так как степень применимости его зависела бы от успехов экспериментальной техники. Мы видим, что единственное средство обеспечить за вторым началом принципиальное значение состоит в освобождении понятия необратимости от всякой связи с человеческим умением.

Понятие необратимости сводится к понятию энтропии, так как процесс является необратимым в том случае, если он связан с возрастанием энтропии. Поэтому наша задача состоит в целесообразном улучшении определения энтропии. Согласно первоначальному определению Клаузиуса, энтропия измеряется при помощи некоторого обратимого процесса. Слабая сторона этого определения состоит в том, что многие такие обратимые процессы, в сущности даже все, вовсе неосуществимы в действительности. Правда, можно было бы возразить с некоторым основанием, что здесь речь идет не о действительных процессах и не о действительной физике, а об идеальных процессах, так называемых воображаемых опытах, и об идеальной физике, который владеет с абсолютной точностью всеми экспериментальными методами. Но в этом заключается новая трудность. Как далеко идут идеальные измерения идеального физика? Можно еще, пожалуй, понять, как предельный случай, что можно сжать газ давлением, равным давлению газа, согреть его при помощи источника тепла, который имеет ту же температуру, что и газ. Но что можно, например, превратить насыщенный газ в жидкость обратимым путем при помощи изотермического сжатия так, чтобы однородность вещества не нарушалась, как это предполагают при некоторых термодинамических рассуждениях, - это уже представляется довольно сомнительным. Но еще удивительнее те воображаемые опыты, которыми оперирует теоретик в физической химии. При помощи своих полупроницаемых перегородок, которые осуществимы только при определенных условиях и только с некоторым приближением, он разделяет обратимым путем не только любые виды различных молекул, находятся ли они в устойчивом или неустойчивом состоянии, но даже в состоянии отделить противоположно заряженные ионы друг от друга и от недиссоциированных молекул. При этом он не смущается ни огромными электростатическими силами, которые препятствуют такому разъединению, ни тем обстоятельством, что в действительности с самого начала разделения некоторые молекулы снова диссоциируют, а некоторые ионы снова соединяются. Между тем такие идеальные

процессы необходимы для того, чтобы можно было сравнить энтропию диссоциированных молекул с энтропией недиссоциированных молекул. Действительно, приходится удивляться тому, что все эти смелые приемы рассуждения приводят к результатам, которые хорошо оправдываются на опыте.

Примем зато во внимание, что все эти результаты не имеют никакой связи с действительной осуществимостью идеальных процессов: все это соотношения между непосредственно измеряемыми величинами, как, например, температура, количество выделяемого тепла, концентрация и т.д. Тогда трудно будет отделаться от мысли, что, вероятно, все предшествовавшее введение идеальных процессов означает в сущности только обходной путь и что содержание принципа возрастания энтропии со всеми вытекающими из него следствиями может быть сделано независимым от первоначального понятия о необратимости или о невозможности *perpetuum mobile* второго рода, так же точно, как принцип сохранения энергии был сделан независимым от закона о невозможности *perpetuum mobile* первого рода.

Этот шаг, т.е. освобождение понятия энтропии от экспериментального искусства человека и вместе с тем возвышение второго начала термодинамики до степени реального принципа, является главным результатом научной деятельности Людвиг Больцмана. Он состоит в том, что понятие энтропии полностью приводится к понятию вероятности.

С этой точки зрения становится понятным введенное мною выше вспомогательное понятие о «предпочтении», которое природа оказывает некоторым состоянием. Природа предпочитает более вероятные состояния менее вероятным и осуществляет только переходы, направленные в сторону большей вероятности. Теплота потому переходит от тела с более высокой температурой к телу с более низкой температурой, что состояние равномерного распределения температуры более вероятно, чем всякое такое состояние, при котором температура распределена неравномерно.

Вычисление определенной величины вероятности для каждого состояния системы тел становится возможным благодаря введению атомистической теории и статистического метода исследования. Взаимодействие между отдельными атомами может при этом по-прежнему определяться известными законами общей динамики, механики и электродинамики.

Благодаря этой точке зрения второе начало термодинамики сразу теряет свое изолированное положение; «предпочтение» природы перестает быть таинственным, и принцип энтропии оказывается связанным в качестве обоснованного закона исчисления вероятностей с введением атомистики в физическую картину мира.

Нельзя, правда, отрицать, что этот шаг на пути к объединению картины мира соединен с некоторыми жертвами. Самая серьезная жертва состоит в отказе от полного ответа на все вопросы, относящиеся к подробностям какого-нибудь физического процесса. Это есть следствие всякого, чисто статистического метода, так как мы производим вычисления только над средними значениями и ничего не знаем об отдельных элементах, из которых эти значения состоят.

Второе серьезное неудобство заключается, по-видимому, в том, что мы вводим два различных вида причинной связи между физическими состояниями: с одной стороны, абсолютную необходимость, с другой стороны, только вероятность взаимоотношения между ними. Если некоторая весома жидкость стремится к более низкому уровню, то это является, согласно закону сохранения энергии, необходимым следствием того обстоятельства, что жидкость может прийти в движение, т.е. приобрести кинетическую энергию, только в том случае, если потенциальная энергия уменьшается, это значит центр тяжести опускается. Но если более теплое тело отдает теплоту соприкасающемуся с ним более холодному телу, то это только вероятно, но не абсолютно необходимо: можно придумать такие расположения и скорости атомов, при которых наступит как раз обратное. Больцман заключил отсюда, что такие своеобразные явления, которые противоречат второму началу термодинамики, могут происходить в природе, и

оставил для них место в своей картине мира. Этого мнения я не разделяю, так как природа, в которой могли бы случаться такие вещи, как возвращение теплоты к более теплому телу или самопроизвольное разделение двух смешавшихся газов, не была бы больше нашей природой. Но раз мы имеем дело только с ней, то мы поступим целесообразнее, если не допустим существования таких странных явлений, а даже, напротив, постараемся отыскать те общие условия, которые заранее исключают эти противоречащие опыту явления, и предположим, что эти условия осуществлены в природе. Больцман сам формулировал это условие для учения о газах; это так называемая «гипотеза элементарного беспорядка», т.е. допущение, что отдельные элементы, которыми оперирует статистический метод, совершенно независимы друг от друга. Введение этого условия восстанавливает необходимость всех явлений природы, так как выполнение его влечет за собой возрастание энтропии в качестве непосредственного следствия, согласно законам исчисления вероятности. Таким образом, сущность второго начала термодинамики можно выразить так же, как «принцип элементарного беспорядка». В этой формулировке принцип энтропии может так же мало привести когда-либо к противоречию, как и непосредственно основанное на математике исчисление вероятностей, из которого он выведен.

Какая существует зависимость между вероятностью какой-нибудь системы и ее энтропией? Ответ на этот вопрос непосредственно следует из того правила, что вероятность двух независимых друг от друга систем равна произведению вероятностей каждого из них ($W = W_1 \times W_2$), а энтропия выражается суммой отдельных энтропий. Поэтому энтропия пропорциональна логарифму вероятности ($S = k \lg W$). Этот закон открывает доступ к новому методу вычисления вероятности системы в данном состоянии – методу, который выходит далеко за пределы обычных методов термодинамики. Благодаря этому методу определение энтропии распространяется не только на состояние равновесия, как это почти исключительно имеет место в обычной термодинамике, но в равной мере и на любые динамические состояния. При этом для вычисления энтропии нет больше

нужды вводить, как у Клаузиса, обратимый процесс, осуществимость которого всегда представляется более или менее сомнительной. Достигнута полная независимость от совершенства человеческой техники. Антропоморфный элемент целиком вычеркнут из этого определения, и второе начало термодинамики получило таким образом, подобно первому, вполне реальное обоснование. Плодотворность нового определения энтропии обнаружилась не только в кинетической теории газов, но также и в теории лучистой теплоты, так как она привела к установлению законов, которые хорошо совпадают с опытом.

...Законы теплового лучеиспускания в свободном эфире отличаются той особенностью, что встречающиеся в них постоянные имеют универсальный характер, подобно постоянной тяготения, и совершенно не зависят от свойств какого-нибудь определенного вещества или определенного тела. Поэтому можно установить с их помощью такие единицы длины, времени, массы, температуры, которые сохраняли бы свое значение для всех времен и всех культур, даже внеземных и нечеловеческих. Этого никак нельзя сказать об единицах нашей общепотребительной системы мер. Последние, хотя они обычно называются абсолютными, все же целиком приспособлены к особым условиям нашей современной земной культуры. Сантиметр получен из современных размеров нашей планеты, грамм связан с водой, как главной составной частью ее поверхности, температура зависит от основных точек воды. Приведенные же мною постоянные такого рода, что даже жители Марса, и вообще все живущие в нашем мире мыслящие существа неизбежно должны когда-нибудь натолкнуться на них, если уже не натолкнулись.

...Строго говоря, нужно при рассмотрении каждой частичной системы сперва поставить вопрос, не находится ли в другом месте всей системы другая частная система, когерентная с данной. Иначе в случае взаимодействия обеих частных систем могли бы произойти совершенно неожиданные явления, которые находились бы в движущемся противоречии с принципом возрастания энтропии. Если же нет взаимодействия между частными системами, то ошибка, которая

произошла бы вследствие того, что не принята во внимание их когерентность, вовсе не была бы заметна. Не напоминают ли невольно эти удивительные следствия когерентности те таинственные взаимоотношения в духовной жизни, которые часто остаются совершенно незамеченными? Их можно без вреда игнорировать, но зато, в случае стечения некоторых исключительных обстоятельств, они могут проявить совершенно неожиданные действия.

Если мы дадим некоторую свободу нашей фантазии, то нельзя будет отрицать и такой возможности, что где-нибудь на больших расстояниях, которые недоступны нашим измерительным методам, находятся какие-нибудь тела, когерентные с окружающим нас миром тел. Пока эти тела не сообщаются с нашим миром, свойства их вполне нормальны, но как только наш мир вступит во взаимодействие с ними, они могут вызвать кажущиеся, но только кажущиеся, отклонения от принципа энтропии. Этим путем можно было бы, не нарушая всеобщности второго начала, устранить опасность тепловой смерти, которой это начало грозит Вселенной и которая делает его столь несимпатичным в глазах многих физиков и философов. Но мне кажется, что даже без этого искусственного приема не стоит чрезмерно беспокоиться по поводу подобной опасности, когда перед нами расстилается бесконечный мир доступных нашему наблюдению явлений и когда многие более насущные вопросы еще ждут своего разрешения.

Планк М. Единство физической картины мира. – М., 1966. -С.36-43.

Т.Гобсс. К. читателю. О теле

1. Говорят, что тело *производит действие*, т. е. причиняет что-то другому телу, если оно вызывает или уничтожает в последнем какую-нибудь акциденцию. О теле же, в котором вызывается или уничтожается какая-нибудь акциденция, говорят, что оно претерпевает нечто, т. е. подвергается какому-то воздействию со стороны другого тела. Когда какое-нибудь тело, толкая вперед другое тело, вызывает в нем движение, то первое называется *действующим* (agens), а второе — *подвергающимся воздействию телом* (patiens). Так, огонь, согревающий руку, есть

действующее тело, а рука, которая согревается, - тело, подвергающееся воздействию. Акциденция же, возникающая в последнем, называется *действием*.

2. Если действующее тело и тело, подвергающееся воздействию, соприкасаются, то *действие* и *страдание* (*passio*) называются *непосредственными*; в противном случае их называют *опосредствованными*. Если же тело находится между действующим телом и телом, подвергшимся воздействию, то оно одновременно и активно, и пассивно, а именно оно активно в отношении тела, которое следует за ним и на которое оно оказывает действие, но оно пассивно в отношении тела, которое ему предшествует и воздействию которого оно подвергается. Если несколько тел следуют одно за другим так, что каждые два соседних тела граничат друг с другом, то все тела, лежащие между первым и последним, и активны, и пассивны; само же первое тело только действует, а последнее только подвергается воздействию.

3. Действующее тело вызывает в теле, подвергшемся воздействию, известное действие соответственно одной или многим акциденциям, присущим обоим телам, т. е. действие производится не потому, что действующее тело есть тело, а потому, что оно есть тело определенного рода и имеет определенное движение; иначе все действующие тела вызвали бы во всех телах, подвергшихся воздействию, одинаковые действия, ибо все тела, как таковые, равны друг другу. В силу этого огонь греет не потому, что он тело, а потому, что он теплое тело, и одно тело приводит в движение другое не потому, что оно есть тело, а потому, что оно стремится занять место другого тела. Поэтому причина всех действий коренится в определенных акциденциях действующих и подвергшихся воздействию тел: если эти акциденции имеются в наличии, то действие имеет место, если же не хватает одной из них, то действие не имеет места. Акциденция как действующего, так и подвергшегося воздействию тела, при отсутствии которой действие не может состояться, называется *causa sine qua non*, т. е. *причиной, необходимой в качестве предпосылки*, или *причиной, необходимой для того, чтобы действие могло наступить*. Просто *причиной* или *полной причиной*

называется сумма всех акциденций обоих тел — действующего и подвергающегося воздействию, наличие которых делает немислимым отсутствие действия, отсутствие же одной из которых делает немислимым его наступление.

4. Сумма необходимых для произведения действий акциденций одного или нескольких действующих тел называется, если действие уже наступило, *действующей причиной* (causa efficiens). Сумма же акциденций тела, подвергающегося воздействию, обычно называется, если только действие состоялось, *материальной причиной*. Я говорю: если только действие состоялось, ибо там, где нет никакого действия, нет и никакой причины, потому что ничего нельзя назвать причиной там, где нет ничего, что можно было бы назвать действием. Действующая и материальная причины являются частичными причинами, т. е. составляют части той причины, которую мы только что назвали *полной*. Отсюда следует, что ожидаемое нами действие не может состояться, если в теле, подвергающемся воздействию, не хватает чего-либо, хотя бы в действующем теле и имелись все необходимые акциденции или наоборот.

5. Полная причина всегда достаточна, для того чтобы произвести соответствующее действие, поскольку это действие вообще возможно. Ибо каково бы ни было следствие, но раз оно состоялось, то очевидно, что вызвавшая его причина была достаточна. Если же действие не состоялось, хотя оно и было возможно, то ясно, что в действующем или в подвергающемся воздействию теле не хватало чего-то такого, без чего действие не могло состояться, т. е. недоставало какой-нибудь акциденции, которая была необходима для возникновения действия; значит, полная причина не имела места, что противоречит предположению. Отсюда следует также, что, как только оказывается налицо причина во всей ее совокупности, должно состояться и действие. Если же оно не наступает, то не хватает еще чего-то необходимого для его возникновения. Следовательно, причины во всей ее совокупности не было налицо, как предполагалось.

Далее, если мы условимся, что под необходимой причиной следует понимать такую причину, наличие которой делает безусловно необходимым наступление

действия, то отсюда будет следовать, что всякое когда-либо состоявшееся действие происходит от необходимой причины. Ибо любое состоявшееся действие имело, поскольку оно состоялось, достаточную причину, а именно все то, чем это действие с необходимостью вызывается, т. е. оно имело необходимую причину. Таким же образом можно показать, что все действия, которые наступят в будущем или наступили в прошлом, с необходимостью обусловлены предшествовавшими им вещами.

б. Но из того обстоятельства, что с появлением полной причины немедленно должно наступить и действие, с очевидностью следует, что причинение и произведение действий образуют определенный непрерывный процесс, так что в соответствии с непрерывным изменением одного или "нескольких действующих тел под влиянием других тел тела, подвергающиеся их воздействию, также непрерывно изменяются. Если, например, огонь, непрерывно увеличиваясь, становится все горячее, то одновременно все больше увеличивается и его действие, а именно теплота ближайшего к нему и следующего за ближайшим тела. Это обстоятельство, кстати, является важным аргументом в пользу того, что всякое изменение есть только движение. Данное положение будет вскоре доказано нами в ходе нашего изложения. Здесь же для нас важно только то, что при всяком мысленном разложении действия на составные моменты начальный член ряда может представляться нам только как воздействие, или как причина. Ибо если бы мы и этот первый член мыслили как действие или страдание, то нам пришлось бы представить себе существующим до него нечто другое в виде воздействия, или причины. Но это невозможно, ибо до начала нет ничего. Подобным же образом мы можем мыслить последний член только как действие, ибо причиной этот последний член мог бы быть назван только по отношению к чему-либо, что следует за ним, но за последним членом ничего не следует. Вот почему во всяком процессе развертывания действия начало и причина отождествляются. Каждое же из отдельных промежуточных звеньев ряда является деятельностью и страданием,

причиной и действием в зависимости от того, мыслим ли мы его по отношению к предыдущему или последующему члену.

7. Причина движения какого-либо тела может заключаться только в непосредственно соприкасающемся с ним и движущемся теле. Предположим, например, что налицо имеются два любых не соприкасающихся между собой тела, пространство между которыми пусто или если и занято, то занято находящимся в покое телом; предположим дальше, что одно из указанных тел находится в покое,— и вот я утверждаю, что это тело всегда останется в покое. Ибо если это тело движется, то причина его движения заключается, согласно пункту 19 главы VIII, в каком-либо внешнем теле. Если же между данным телом, и телом, находящимся вне его, есть пустое пространство, то, каково бы ни было положение обоих тел, тело, пребывающее по предположению в покое, будет, очевидно, пребывать в покое до тех пор, пока не получит толчка от другого тела. Так как, однако, согласно определению, причина есть сумма всех акциденций, которые представляются необходимыми, для того чтобы действие наступило, то акциденции, находящиеся во внешних телах или в самом теле, подвергающемся воздействию, не являются причиной будущего движения. Так как столь же ясно, что тело, которое уже находится в покое, будет и впредь находиться в покое, даже если бы оно соприкасалось с другим телом, если только последнее не движется, то отсюда следует, что причина движения не может заключаться в соприкасающемся, но находящемся в покое теле. Тело становится причиной движения лишь тогда, когда оно движется и ударяется о другое тело.

Точно таким же образом можно доказать, что все движущееся всегда будет двигаться в том же направлении и с той же скоростью, если только не встретит препятствий к этому из-за толчка, испытанного от другого движущегося тела. Далее отсюда следует, что как находящиеся в покое, так и движущиеся каким-нибудь образом тела не могут ни производить, ни уничтожать, ни уменьшать движения в другом теле, поскольку между ними находится пустое пространство. Кем-то была высказана мысль, что находящиеся в покое вещи оказывают

движущимся вещам большее противодействие, чем это делают два тела, движущиеся навстречу друг другу, так как противоположностью движения является не движение, а покой. Недоразумение здесь обусловливается тем обстоятельством, что имена *покой* и *движение* логически исключают друг друга, между тем как в действительности движению оказывает противодействие не покой, а встречное движение...

Если в теле, подвергающемся воздействию, имеются все акциденции, необходимые для того, чтобы в нем могло быть вызвано действие каким-нибудь действующим телом, то мы говорим, что в нем заложена возможность, или потенция, того действия, которое станет действительностью, если это тело придет в столкновение с некоторым действующим телом. Но эти акциденции, согласно определению, данному в предыдущей главе, образуют *материальную причину*. Следовательно, возможность, или потенция, в теле, подвергающемся воздействию, обычно именуемая также *пассивной потенцией*, и *материальная причина* суть одно и то же. Таким образом, слово *причина* подразумевает *прошлое*, а слово *потенция* - *будущее*. Поэтому возможность действующего и подвергающегося воздействию тел в их совокупности, которую можно было бы назвать целостной, или полной, потенцией, есть то же самое, что целостная причина, ибо и то и другое есть сумма всех акциденций, наличность которых необходима в обоих телах для того, чтобы действие наступило. Акциденцию, которая производится чем-либо, называют, имея в виду ее отношение к причине, *действием*, а имея в виду отношение к потенции, - *действительностью*, или актом.

8. Подобно тому как в тот самый момент, когда причина становится целостной, наступает и действие, в тот самый момент, когда потенция *становится целостной*, наступает актуализация. И подобно тому как не может возникнуть действие, если оно не вызвано достаточной и необходимой причиной, не может возникнуть действительность, если она не имеет источником необходимую потенцию, т. е. потенцию, которая, безусловно, должна породить эту действительность.

9. Подобно тому как действующая и материальная причины, согласно нашему разъяснению, являются только частями целостной причины и, только будучи связанными между собой, производят какое-нибудь действие, *активная* и *пассивная* возможности являются лишь частями целостной и полной возможности и лишь их соединение порождает актуализацию. Поэтому возможности, как это указано в первом пункте, всегда только условны: действующее тело обладает потенцией, поскольку оно сталкивается с телом, подвергающимся действию; в таком же условном смысле обладает потенцией и последнее. Само же по себе ни то ни другое тело не обладает потенцией, поэтому акциденции, находящиеся в них, не могут в собственном смысле слова называться потенциями и никакое действие не может наступить благодаря потенции лишь в действующем теле или лишь в теле, подвергающемся воздействию.

10. Никакая актуализация невозможна, если нет налицо целостной возможности; так как в целостной потенции соединяется не то, что необходимо для наступления действия, или акта, то при отсутствии ее всегда будет недоставать чего-то, без чего актуализация не может наступить. Действие, таким образом, не наступает, оно *невозможно*. Всякое же действие, которое не невозможно, *возможно*; поэтому всякое возможное событие рано или поздно наступит. Ибо если мы предположим, что оно никогда не наступит, то это будет означать, что никогда не могут соединиться все те условия, наличие которых необходимо для того, чтобы событие могло наступить, т. е. событие невозможно, согласно данному нами определению. Но это противоречит предположению.

11. *Необходимым* мы называем такое действие, наступлению которого нельзя помешать; поэтому всякое событие, которое вообще наступает, наступает в силу необходимости. Ибо всякое возможное событие, как только что было доказано, должно когда-нибудь наступить. Положение *все, что должно наступить, наступит* так же необходимо, как утверждение *человек есть человек*.

Но тут перед нами встает вопрос: можно ли считать необходимым также и то будущее, которое обычно называют случайным? Я отвечаю: все, что происходит,

не исключая и случайного, происходит по необходимым причинам, как это доказано в предыдущей главе. Случайным что-либо называется только по отношению к событиям, от которых оно не зависит. Дождь, который завтра пойдет, необходим, т. е. обусловлен необходимыми причинами; но мы рассматриваем его как нечто случайное и называем его так, ибо еще не знаем его причин, которые уже существуют. Вообще *случайным* называется то, необходимую причину чего мы не можем усмотреть. Так же мы обычно говорим и о прошлом, а именно, не зная, произошло или нет что-либо, мы говорим, что это, может статься, и не произошло.

Все утверждения относительно будущих событий (например, *завтра будет дождь* или *завтра взойдет солнце*) с необходимостью истинны или ложны; но, не зная еще, истинны они или ложны!, мы называем эти события случайными. Их истинность, однако, зависит не от нашего знания, а от того, имеются ли налицо соответствующие причины. Есть, однако, люди, которые, признавая, что такому предложению, как *завтра будет дождь* или *не будет дождя*, в целом присуща логическая необходимость, тем не менее отрицают, что его отдельным частям (*завтра будет дождь* или *завтра не будет дождя*) присуща истинность, поскольку, согласно их утверждению, ни одно из этих предложений не является определенно истинным. Что означает, однако, это определенно истинное, если не истинное в познании, т. е. то, что является очевидной истиной. Поэтому их утверждение имеет лишь следующий смысл: мы еще не знаем, истинно ли утверждение или нет. Однако они выражаются несколько темнее и формулировкой, при помощи которой пытаются скрыть свое незнание, одновременно затемняют очевидность истины.

12. В пункте 9 предыдущей главы мы показали, что действующая причина всякого движения и изменения есть движение одного или нескольких действующих тел, в пункте же 1 этой главы было доказано, что потенция активного тела — то же самое, что действующая причина. Отсюда следует, что всякая активная потенция есть также движение. Возможность, или потенция, не есть отличная от всякой действительности акциденция. Сама она есть

действительность, а именно движение, которое только потому называется потенцией, что посредством его должна быть произведена другая действительность. Если, например, из трех тел первое толкает вперед второе, а второе — третье, то движение второго тела является его актом, или действительностью, по отношению к движению первого тела, так как последнее — причина движения второго тела; по отношению же к движению третьего тела движение второго тела является его активной потенцией.

13. Кроме действующей и материальной причины метафизики признают еще две причины, а именно *сущность вещи* (которую некоторые называют *формальной причиной*) и *цель*, или *конечную причину*. На деле же обе они являются действующими причинами, ибо непонятно даже, какой смысл можно вложить в утверждение *сущность вещи является ее причиной*. Положение *одаренность разумом есть причина человека* означает то же, что и положение *существование в качестве человека есть причина человека*, а это не очень вразумительно. Познание сущности какой-нибудь вещи может, конечно, быть причиной познания той же вещи. Если я знаю, что что-нибудь одарено разумом, то я в силу этого знаю также, что это человек. Однако в данном случае речь идет о действующей причине. О *целевой причине* речь может идти только тогда, когда имеют в виду те вещи, которые обладают чувствами и волей. Однако и у них, как мы покажем позже, конечная причина есть не что иное, как действующая причина.

Гоббс Т. К. читателю. О теле // Избранные произведения: В 2 т. - М., 1964. - Т.1. - С. 150 -154, 157-160, 321-326.

Г.Баиляр. Новый рационализм

Не останавливаясь преждевременно на преимущественно логических вопросах, обратимся к характеристике индетерминизма. В основе его лежит идея непредсказуемости поведения. Например, нам ничего не известно об атоме, если он не рассматривается как то, что сталкивается, в модели, используемой кинетической теорией газа. В частности, мы ничего не знаем о времени атомных

соударений; как это элементарное явление может быть предвидимо, если оно «невидимо», т. е. не поддается точному описанию? Кинетическая теория газа исходит, следовательно, из элементарного неопределимого или неопределяемого явления. Разумеется, неопределяемость здесь не синоним недетерминированности. Но когда ученый приводит доводы в пользу тезиса, что некий феномен неопределим, он этим обязан методу, заставляющему считать этот феномен недетерминированным. Он приходит к индетерминизму, исходя из факта неопределенности.

Применить некоторый метод детерминации в отношении какого-то феномена — значит предположить, что феномен этот испытывает воздействие других феноменов, которые его определяют. В свою очередь, если предположить, что некий феномен не детерминирован, это значит тем самым предположить, что он независим от других феноменов. То огромное множество, которое представляют собой явления межмолекулярных столкновений газа, обнаруживается как некое целостное распыленное явление, в котором элементарные явления совершенно независимы одно от другого. Именно с этим связано появление на сцене теории вероятностей.

В ее простейшей форме эта теория исходит из абсолютной независимости элементов. Существование даже малейшей зависимости внесло бы путаницу в мир вероятностной информации и потребовало бы больших усилий для выявления взаимодействия между связями реальной зависимости и чисто вероятностными законами.

Такова, на наш взгляд, концептуальная основа появления в научном мышлении теории вероятностей. Как уже сказано, психология вероятности еще не окрепла, ей противостоит вся психология действия. Homo faber (человек работающий) не считается с Homo aleator (человек играющий); реализм не признает спекуляций. Сознание некоторых (даже известных) физиков противится восприятию вероятностных идей. Анри Пуанкаре вспоминает в этой связи такой любопытный факт из биографии лорда Кельвина: «Странное дело,- говорит

Пуанкаре, - лорд Кельвин одновременно склонялся к этим идеям и сопротивлялся им. Он никогда так и не понял общий смысл уравнения Максвелла - Больцмана. Он полагал, что у этого уравнения должны быть исключения, и, когда ему показывали, что якобы найденное им исключение не является таковым, он начинал искать другое». Лорд Кельвин, который «понимал» естественные явления с помощью гироскопических моделей, считал, видимо, что законы вероятности иррациональны. Современная же научная мысль занимается освоением этих законов случая, вероятностных связей между явлениями, которые существуют без всякого отношения к реальным связям. Причем она плюралистична уже в своих базовых предположениях. Мы находимся в этом смысле как бы в царстве рабочих гипотез и различных статистических методов, естественно, по-своему ограниченных, но в равной мере принимаемых нами. Принципы статистики Бозе - Эйнштейна, с одной стороны, и принципы статистики Ферми — с другой, противореча друг другу, используются в различных разделах физики.

Несмотря на свои неопределенные основы, вероятностная феноменология уже достигла значительных успехов в преодолении существующего качественного разделения знания. Так, понятие температуры интерпретируется сегодня с позиций кинетики и, прямо скажем, носит при этом более вербальный, чем реальный, характер. Как верно заметил Эжен Блок: «Принцип эквивалентности тепла и работы материализован с самого начала тем, что мы создали тепло». Но не менее верно то, что одно качество выражается через другое и что даже в предположении механики в качестве основы кинетической теории газа настоящая объяснительная сила принадлежит *сочетанию вероятностей*. Следовательно, нужно всегда учитывать вероятностный опыт. Вероятное имеет место в виде позитивного момента. Правда, его трудно разместить между пространством опыта и пространством разума.

Конечно, не следует при этом думать, что вероятность совпадает с незнанием, что она основывается на незнании причин. Маргенау по этому поводу тонко заметил: «Есть большая разница между выражениями: «Электрон находится

где-то в пространстве, но я не знаю, где, и не могу знать» и «Каждая точка - равновероятное место нахождения электрона». Действительно, в последнем утверждении содержится явная уверенность в том, что если я выполню большое число наблюдений, то результаты их будут равномерно распределены по всему пространству». Так зарождается совершенно позитивный характер вероятностного знания.

Далее, не следует отождествлять вероятностное с ирреальным. Опыт вероятности имеет основание в коэффициентах нашего психологического ожидания более или менее точно рассчитываемых вероятностей. Хотя проблема эта поставлена нечетко, соединяя две неясные, туманные вещи, но она отнюдь не ирреальна. Может быть, следует даже говорить о причинной связи в сфере вероятного. Стоит задуматься над вероятностным принципом, предложенным Бергманом: «Событие, обладающее большей математической вероятностью, появляется и в природе соответственно с большей частотой». *Время нацелено на то, чтобы реализовать вероятное*, сделать вероятность эффективной. Имеется переход от закона, в каком-то смысле статичного, рассчитываемого исходя из сложившейся на данный момент возможности, к развитию во времени. И это происходит не потому, что вероятность выражается обычно как мера случая, когда феномен, который она предсказывает, должен появиться. Между вероятностью a priori и вероятностью a posteriori существует та же пропасть, что и между логической геометрией a priori и геометрическим описанием a posteriori реального. Совпадение между предполагаемой вероятностью и измеренной вероятностью является, по-видимому, наиболее тонким и убедительным доводом в пользу того, что природа проницаема для разума. Путь к рационализации опыта вероятности действительно лежит через соответствие вероятности и частоты. Не случайно Кэмпбелл приписывает атому что-то вроде реального вероятного: «Атом a priori более расположен к тому, чтобы находиться в одном из более преимущественных состояний, нежели в одном из менее преимущественных». Поэтому длящаяся реальность всегда кончает тем, что воплощает вероятное в бытие.

Короче, как бы там ни было, с метафизической точки зрения ясно по крайней мере следующее: современная наука приучает нас оперировать настоящими вероятностными формами, статистикой, объектами, обладающими иерархическими качествами, т. е. всем тем, постоянство чего не абсолютно. Мы уже говорили о педагогическом эффекте процесса «совмещения» знаний о твердых и жидких телах. Мы могли бы обнаружить при этом над слоем исходного индетерминизма топологический детерминизм общего порядка, принимающий одновременно и флуктуации и вероятности. Явления, взятые на уровне недетерминированности элементов, могут, однако, быть *связаны* вероятностью, которая и придает им форму целостности. Именно к этим формам целостности и имеет отношение причинность.

...Ганс Рейхенбах на нескольких страницах блестяще показал, что между идеей причины и идеей вероятности существует связь. Он пишет, что самые строгие законы требуют вероятностной интерпретации. «Условия, подлежащие исчислению, на самом деле никогда не реализуются; так, при анализе движения материальной точки (например, снаряда) мы не в состоянии учесть все действующие факторы. И если тем не менее мы способны на предвидение, то обязаны этим понятию вероятности, позволяющему сформулировать закон относительно тех факторов, которые не рассматриваются в вычислении». Любое применение к реальности причинных законов, полагает Рейхенбах, включает соображения вероятностного характера. И он предлагает заменить традиционную формулировку причинности следующими двумя:

- если явление описывается с помощью некоторого числа параметров, то следующее состояние, также определяемое некоторым числом хорошо определенных параметров, можно предвидеть с вероятностью Σ ;

- вероятность Σ приближается к единице по мере увеличения числа учитываемых параметров.

Если бы, следовательно, можно было учесть *все* параметры некоего реального эксперимента - если бы слово «все» имело смысл в отношении реального

эксперимента, - то можно было бы сказать, что производное явление определено во всех деталях, что оно, в сущности, предопределено. Рассуждая таким образом, подходят к пределу, и этот подход к пределу совершается без той опаски, которая свойственна философам-детерминистам. Мысленно они учитывают *все* параметры, всю совокупность обстоятельств, не задаваясь, однако, вопросом о том, а поддаются ли они исчислению. Или, другими словами, могут ли быть в самом деле даны эти «данные». В противовес этому действия ученого ориентированы всегда на первое высказывание; его интересуют наиболее характерные параметры, в отношении которых наука и осуществляет свое предвидение. Эти параметры образуют как бы оси предвидения. И уже сам тот факт, что некоторые элементы игнорируются, приводит к тому, что предвидение выражается здесь обязательно в вероятностной форме. В конечном счете опыт склоняется в сторону детерминизма, но определять последний иначе, чем в плане сходящейся вероятности,— значит совершать грубую ошибку. Как верно замечает Рейхенбах: «Часто мы забываем о таком определении посредством сходящегося вероятностного высказывания, в силу чего и появляются совершенно ошибочные представления о понятии причины, такие, в частности, что понятие вероятности можно устранить. Эти ошибочные выводы подобны тем, которые появляются при определении понятия производной через отношение двух бесконечно малых величин».

Далее Рейхенбах делает следующее, чрезвычайно важное замечание. «Ничто не доказывает а priori,- говорит он, - что вероятность любого типа явлений непременно должна сводиться к единице. Мы предчувствуем, что каузальные законы могут быть, в действительности, с необходимостью сведены к статистическим законам». Продолжая это сравнение, можно сказать, что статистические законы без сведения к причинности — это то же самое, но непрерывные функции без производной. Эти статистические законы были бы связаны с отрицанием второго постулата Рейхенбаха. Эти законы открывают дорогу некаузальной физике в том же примерно смысле, в каком отрицание

постулата Евклида означало рождение неевклидовой геометрии. В самом деле, Гейзенберг привел убедительные доводы против рейхенбаховского постулата. Согласно Гейзенбергу, недетерминистская физика далека от грубого и догматического отрицания положений классического детерминизма. Недетерминистская физика Гейзенберга как бы поглощает детерминистскую физику, четко выявляя те условия и границы, в которых явление может считаться практически детерминированным.

Башляр Г. Новый рационализм. - М, 1987.- С. 109-114, 339-343.

Л. фон Берталанфи. История и статус общей теории систем

Если мы хотим верно представить и оценить современный системный подход, саму идею системности имеет смысл рассматривать не как порождение преходящей моды, а как явление, развитие которого вплетено в историю человеческой мысли... Не лишено смысла утверждение, что системные представления с древнейших времен наличествуют в европейской философии. Уже при попытке выявить основную линию зарождения философско-научного мышления у досократиков ионийской школы одним из возможных путей рассуждения будет следующий.

В древних культурах и в примитивных культурах современности человек воспринимал себя «брошенным» во враждебный мир, где хаотически и безгранично правили демонические силы. Наилучшим способом умиловить эти силы или воздействовать на них считалась магия. Философия и ее детище - наука - зародились, когда древние греки научились искать и обнаруживать в эмпирически воспринимаемом мире порядок, или космос, постижимый и тем самым поддающийся контролю со стороны мышления и рационального действия.

Одним из теоретических выражений этого космического порядка явилось мировоззрение Аристотеля, с присущими ему холистическими и телеологическими представлениями. Аристотелевское положение «целое — больше суммы его частей» до сих пор остается выражением основной системной проблемы. Телеология Аристотеля была преодолена и элиминирована, но

последующее житие западноевропейской науки скорее отбрасывало и обходило, нежели решало содержащиеся в ней проблемы (такие, например, как порядок и целенаправленность в живых системах), поэтому основная системная проблема не устарела до наших дней.

При более подробном рассмотрении перед нами предстала бы длинная вереница мыслителей, каждый из которых внес свой вклад в развитие теоретических представлений, известных в наши дни под названием общей теории систем. Рассуждая об иерархическом строении, мы пользуемся термином, введенным христианским мистиком Дионисием Ареопагитом, хотя его спекуляции касались ангельских хоров в церковной организации. Николай Кузанский, один из самых глубоких мыслителей XV в., попытался объединить средневековую мистику с зачатками современной науки. Он ввел представление о *coincidentia oppositorum*, оппозиции или даже противоборстве частей внутри целого, предстающего, в свою очередь, как единство более высокого порядка... Иерархия монад у Лейбница выглядит точно так же, как современная иерархия систем, его *mathesis universalis* является предсказанием будущей экстенсивной математики, которая не будет ограничиваться количественными и числовыми выражениями, но окажется в состоянии формализовать виды концептуального мышления.

У Гегеля и Маркса особое значение придается диалектической структуре мышления и порождающего его мира; чрезвычайно глубоким является у них утверждение, что адекватно отразить действительность может не отдельное суждение, но только единство сторон противоречия, достигаемое в диалектическом процессе: тезис – антитезис – синтез. Густав Фехнер, известный как автор психофизического закона, разработал в духе натурфилософов XIX в. проблему надындивидуальной организации, т. е. организации ни высшего, относительно доступных наблюдению объектов, порядка. Примеры подобной организации он видел в живых сообществах и земной гармонии, - так романтично называл он то, что на языке современной науки можно определить как

экосистемы. Показательно, что об этом писались докторские диссертации еще в 1929 г.

Подобный обзор, при всей краткости и поверхностности, показывает, что проблемы, с которыми ученые наших дней сталкиваются в связи с понятием «система», появились на свет «не вдруг», не есть исключительный результат современного развития математики, естествознания и техники, а являются лишь современным выражением проблем, столетиями стоявших перед учеными и обсуждавшихся каждый раз на соответствующем языке.

Один из способов охарактеризовать научную революцию XVI — XVII вв.— это заявить, что она привела к замене описательно-метафизической концепции мира, содержащейся в доктрине Аристотеля, математически-позитивистской концепцией Галилея. Иными словами, она заменила взгляд на мир как на телеологический космос описанием событий по законам причинности, выражаемым в математической форме.

Можно добавить: заменила, но не элиминировала. Аристотелевская трактовка целого, которое больше суммы своих частей, сохраняется до сих пор. Следует определенно сказать, что порядок или организация у целого, или системы, выше, чем у изолированных частей. В подобном суждении нет ничего метафизического, никакого антропоморфистского предрассудка или философской спекуляции — речь идет о факте, эмпирически фиксируемом при наблюдении самых различных объектов, будь то живой организм, социальная группа или даже атом.

Наука, однако, не была готова работать с такими проблемами. Вторая максима «Рассуждения о методе» Декарта гласит: расчленив проблему на возможно большее количество составных частей и рассматривать каждую из них в отдельности. Аналогичный подход, сформулированный Галилеем под названием «резолютивного» метода, служил концептуальной «парадигмой» опытной науки от ее основания до современной лабораторной практики расчленять и сводить сложные феномены к элементарным частям и процессам...

Этот метод работал достаточно хорошо до тех пор, пока наблюдаемые процессы позволяли расчленение на отдельные причинно связанные цепи событий, т. е. сведение этих процессов до уровня отношений между двумя или несколькими переменными. На этом фундаменте строились выдающиеся успехи физики и опирающейся на нее техники. Но он ничего не давал, когда речь шла о задачах со многими переменными. Они встречаются уже в механической задаче трех тел, а тем более, когда речь заходит об изучении живого организма или даже атома, по сложности превышающего простейшую систему атома водорода «протон-электрон».

В разработке проблем порядка или организации можно выделить две принципиальные идеи. Одна из них — сравнение организма с машиной, другая — интерпретация порядка как результата случайных процессов. Первая идея схематизирована Декартом в *bête machine* (животное-машина) и расширена Ламетри до *homme machine* (человек-машина). Вторая идея нашла свое выражение в концепции естественного отбора Дарвина. Обе идеи оказались в высшей степени плодотворными. Интерпретация живого организма как машины в ее многочисленных вариантах, начиная от механических машин или часов в первых объяснениях физиков XVI в. и до тепловой, химико-динамической, клеточной и кибернетической машин, позволяла переводить объяснения с макроскопического уровня физиологии организмов на уровень субмикроскопических структур и энзиматических процессов в клетке... Точно так же интерпретация порядка (организации) организма как результата случайных событий сделала возможным концептуальное объединение огромного фактического материала, охватываемого «синтетической теорией эволюции», включающей молекулярную генетику и биологию. Но это были частные успехи. Коренные вопросы оставались без ответа. Принцип Декарта «животное-машина» давал объяснение процессов, происходящих в живом организме. Но, согласно Декарту, творцом «машины» является Бог.

Концепция эволюции «машин» как результата случайных событий содержит внутреннее противоречие. Ручные часы или нейлоновые чулки, как правило, не

появляются в природе в результате случайных процессов, а митохондрические «машины» энзиматической организации в самых простых клетках или молекулах нуклеопротеидов несравнимы по сложности с часами или простыми полимерами синтетического волокна. Принцип «выживания наиболее приспособленных» (или, в современных терминах, дифференциальная репродукция) приводит, по-видимому, к кругу в доказательстве. Гомеостатические системы должны существовать до того, как они вступят в конкурентное соревнование, в процессе которого получат преобладание системы с более высоким коэффициентом отбора или дифференциальной репродукции. Но подобное утверждение само требует доказательства, ибо оно не выводится из известных физических законов. Второй закон термодинамики предписывает обратное: организованные системы, в которых происходят необратимые процессы, должны стремиться к наиболее вероятным состояниям и, следовательно, к деструкции имеющегося порядка и к распаду...

Неовиталистские взгляды, нашедшие выражение в работах Дриша, Бергсона и других на рубеже нашего столетия, опирались на более совершенную аргументацию. В ее основе лежали представления о пределе возможной регуляции в «машине», о случайной эволюции и целенаправленности действия; однако неовиталисты могли при этом апеллировать только к старинной аристотелевской «энтелехии» в ее новых терминологических ипостасях, т.е. к сверхъестественному «фактору» организации.

Таким образом, именно «борьба за концепцию организма в первые десятилетия двадцатого века» (так определил это движение Вуджер...) выявила все возрастающие сомнения в возможности объяснить сложные явления в понятиях составляющих их элементов. Появилась проблема «организации», которую можно обнаружить в любой живой системе, а по сути дела, попытка обсуждения вопроса, «могут ли концепции случайной мутации и естественного отбора ответить на все вопросы, связанные с явлениями эволюции»..., т. е. на вопросы об организации живого. Сюда же относится и вопрос о целенаправленности, который можно

отрицать и «снимать», но который так или иначе каждый раз, подобно мифической гидре, поднимает свою безобразную голову.

Процесс отнюдь не ограничивался рамками биологии. В психологии гештальтисты одновременно с биологами поставили вопрос о том, что психологические целостности (т. е. воспринимаемые гештальты) не допускают разложения на элементы подобно точечным ощущениям и возбуждениям сетчатки. В тот же перп был сделан вывод о неудовлетворительности физикалистских теорий в социологии...

В конце 20-х годов я писал: «Поскольку фундаментальный признак живого — организация, традиционные способы исследования отдельных частей и процессов не могут дать полного описания живых явлений. Такие исследования не содержат информации о координации частей и процессов. Поэтому главной задачей биологии должно стать открытие законов, действующих в биологических системах (на всех уровнях организации). Можно верить, что сами попытки обнаружить основания теоретической биологии указывают на фундаментальные изменения в картине мира. Подобный подход, когда он служит методологической базой исследования, может быть назван «органической биологией», когда он используется при концептуальном объяснении жизненных явлений — «системной теорией организма»...

Добившись признания подобной точки зрения в качестве новой в биологической литературе... организмическая программа явилась зародышем того, что впоследствии получило известность как общая теория систем. Если термин «организм» в приведенном утверждении заменить на «организованные сущности», понимая под последними социальные группы, личность, технические устройства и т. п., то эту мысль можно рассматривать как программу теории систем.

Постулат Аристотеля о том, что целое больше суммы своих частей, которым, с одной стороны, пренебрегали механицисты и который, с другой стороны, привел к демонологии витализма, получает простой и даже тривиальный ответ

(тривиальный разумеется, в принципе, но требующий в то же время решения бесчисленных проблем при своей разработке и конкретизации):

«Свойства предметов и способы действия на высших уровнях не могут быть выражены при помощи суммации свойств и действий их компонентов, взятых изолированно. Если, однако, известен ансамбль компонентов и существующие между ними отношения, то высшие уровни могут быть выведены из компонентов»...

Многочисленные (в том числе и совсем недавние) дискуссии, посвященные парадоксу Аристотеля и редукционизму, ничего не добавили к этим положениям: для того чтобы понять организованную целостность, нужно знать как компоненты, так и отношения между ними. Но такая постановка проблемы приводила к существенным трудностям, поскольку «нормальная наука», в терминологии Т. Куна (т.е. «традиционная наука»), была мало приспособлена заниматься «отношениями» в системах.

В этой методологической неподготовленности одна из причин это «системные» проблемы — древние и известные на протяжении многих веков — оставались «философскими» и не становились наукой. Из-за недостаточности имеющихся математических методов проблема требовала новой эпистемологии. В то же время мощь «классической науки» и ее многочисленные успехи на протяжении нескольких веков отнюдь не способствовали пересмотру ее фундаментальной парадигмы — однолинейной причинности и расчленения предмета исследования на элементарные составляющие.

Уже давно предпринимаются попытки создать «гештальтматематику», в основе которой лежало бы не количество, а отношения, т.е. форма и порядок. Однако возможности реализации такого предприятия появились лишь в наше время в связи с развитием общенаучных представлений.

Положения общей теории системы были впервые сформулированы нами устно в 30-х годах, а после войны были изложены в различных публикациях. «Существуют модели, принципы и законы, которые применимы к обобщенным

системам или к подклассам систем безотносительно к их конкретному виду, природе составляющих элементов и отношениям или «силам» между ними. Мы предлагаем новую дисциплину, называемую общей теорией систем. Общая теория систем представляет собой логико-математическую область исследований, задачей которой является формулирование и выведение общих принципов, применимых к «системам» вообще. Осуществляемая в рамках этой теории точная формулировка таких понятий, как целостность и сумма, дифференциация, прогрессивная механизация, централизация, иерархическое строение, финальность и эквивинальность и т. п., позволит сделать эти понятия применимыми во всех дисциплинах, имеющих дело с системами, и установить их логическую гомологию»...

Так выглядела схема общей теории систем, у которой, наряду с предтечами, нашлись и независимые союзники, параллельно работающие в том же направлении. Очень близко подошел к генерализации гештальттеории в общую теорию систем В. Келер... А.Лотка, хотя он и не использовал термина «общая теория систем», рассмотрением системы одновременных дифференциальных уравнений заложил основы последующей разработки «динамической» теории систем... Уравнения Вольтерра, созданные первоначально для описания межвидовой борьбы, приложимы к общей кинетике и динамике... Ранняя работа У. Росс Эшби... в которой были независимо использованы те же системные уравнения, что и у нас, также позволяет получить следствия общего характера.

Мы разработали каркас «динамической» теории систем и дали математическое описание системных параметров (целостность, сумма, рост, соревнование, аллометрия, механизация, централизация, финальность, эквивинальность и т.п.) на базе системного описания при помощи одновременных дифференциальных уравнений. Занимаясь биологической проблематикой, мы были заинтересованы прежде всего в разработке теории «открытых систем», т. е. систем, которые обмениваются со средой веществом как это имеет место в любой «живой» системе. Можно утверждать, что, наряду с теорией управления и моделями

обратной связи, теория Fließgleichgewicht (динамического «текущего» равновесия) и открытых систем является частью общей теории систем, широко применяемой в физической химии, биофизическом моделировании биологических процессов, физиологии, фармакодинамике и др... Представляется обоснованным также прогноз о том, что базисные области физиологии, такие, как физиология метаболизма, возбуждения и морфогенеза, «вольются в общую теоретическую область, основанную на концепции открытой системы»... Интуитивный выбор открытой системы в качестве общей модели системы оказался верным. «Открытая система» представляется более общим случаем не только в физическом смысле (поскольку закрытую систему всегда можно вывести из открытой, приравняв к нулю транспортные переменные), она является более общим случаем и в математическом отношении, поскольку система одновременных дифференциальных уравнений (уравнения движения) используемая в динамической теории систем, есть более общий случай, из которого введением дополнительных ограничений получается описание закрытых систем (к примеру, описание сохранения массы в закрытой химической системе...).

При этом оказалось, что «системные законы» проявляются в виде аналогий, или «логических гомологий», законов, представляющихся формально идентичными, но относящихся к совершенно различным явлениям или даже дисциплинам. Например, замечательным фактом служит строгая аналогия между такими разными биологическими системами, как центральная нервная система и сеть биохимических клеточных регуляторов. Еще более примечательно то, что подобная частная аналогия между различными системами и уровнями организации - лишь один из членов обширного класса подобных аналогий... К сходным выводам независимо пришли многие исследователи в разных областях науки.

Развитие системных исследований пошло в это время несколькими путями. Все большее влияние приобретало кибернетическое движение, начавшееся с разработки систем самонаведения для снарядов, автоматизации, вычислительной

техники и т. д. и обязанное своим теоретическим размахом деятельности Н.Винера. При различии исходных областей (техника, а не фундаментальные науки, в частности, биология) и базисных моделей (контур обратной связи вместо динамической системы взаимодействий) у кибернетики и общей теории систем общим оказался интерес к проблемам организации и телеологического поведения. Кибернетика также выступала против «механистической» доктрины, которая концептуально основывалась на представлении о «случайном поведении анонимных частиц» и также стремилась к «поиску новых подходов, новых, более универсальных концепций и методов, позволяющих изучать большие совокупности организмов и личностей»...

Следует, однако, указать, что при всей этой общности совершенно лишено оснований утверждение, будто современная теория систем «родилась в результате усилий, предпринятых во время и мировой войны»... Общая теория систем не является результатом военных или технических разработок. Кибернетика и связанные с ней подходы развивались совершенно независимо, хотя во многом параллельно общей теории систем...

Системная философия. В этой сфере исследуется смена мировоззренческой ориентации, происходящая в результате превращения «системы» в новую парадигму науки (в отличие от аналитической, механистической, линейно-причинной парадигм классической науки). Как и любая общенаучная теория, общая теория имеет свои «метанаучные», или философские аспекты. Концепция «системы», представляющая новую парадигму науки, по терминологии Т.Куна, или, как я ее назвал..., «новую философию природы», заключается в организмическом взгляде на мир «как на большую организацию» и резко отличается от механистического взгляда на мир как на царство «слепых законов природы».

Прежде всего следует выяснить, «что за зверь система». Эта задача *системной онтологии*—поиск ответа на вопрос, что понимать под «системой» и как системы реализуются на различных уровнях наблюдаемого мира. Что следует определять

и описывать как систему — вопрос не из тех, на которые можно дать очевидный или тривиальный ответ. Нетрудно согласиться, что галактика, собака, клетка и атом суть системы. Но в каком смысле и в какой связи можно говорить о сообществе людей или животных, о личности, языке, математике и т. п. как о «системах»? Первым шагом может быть выделение реальных систем, т. е. систем, воспринимаемых или выводимых из наблюдения и существующих независимо от наблюдателя. С другой стороны, имеются концептуальные системы — логика, математика, которые по существу являются символическими конструкциями (сюда же можно отнести и музыку); подклассом последних являются *абстрактные системы* (наука), т. е. концептуальные системы, имеющие эквиваленты в реальности. Однако подобное разграничение отнюдь не так четко, как может показаться на первый взгляд.

Мы можем считать «объектами» (которые частично являются «реальными системами») сущности, данные нам в восприятии, поскольку они дискретны в пространстве и времени. Не вызывает сомнения, скажем, что камень, стол, автомобиль, животное и звезда (а в более широком смысле и атом, молекула, планетная система) «реальны» и существуют независимо от наблюдателя. Восприятие, однако, ненадежный ориентир. Следуя ему, мы видим, что Солнце обращается вокруг Земли, и, разумеется, не видим, что такой солидный кусок материи, как камень, «на самом деле» есть в основном пустое пространство с крохотными энергетическими центрами, рассеянными на гигантских расстояниях друг от друга. Пространственные границы даже у того, что кажется очевидным объектом или «вещью», оказываются очень часто неуловимыми. Из кристалла, состоящего из молекул, валентности как бы высовываются в окружающее пространство; так же расплывчаты границы клетки или организма, которые сохраняют свою сущность только путем приобретения и выделения молекул, и трудно даже сказать, что относится и что не относится к «живой системе». В предельном случае все границы можно определить скорее как динамические, нежели как пространственные.

В связи с этим объект, в частности система, может быть охарактеризован только через свои связи в широком смысле слова, т. е. через взаимодействие составляющих элементов. В этом смысле экосистема или социальная система в той же мере реальны, как отдельное растение, животное или человек. В самом деле, загрязнение биосферы как проблема нарушения экосистемы или как социальная проблема весьма четко демонстрирует «реальность» обеих (экологической и социальной) систем. Однако взаимодействия (или шире — взаимоотношения) никогда нельзя увидеть или воспринять непосредственно; нашему сознанию они представляются как концептуальные конструкции. То же самое истинно и для объектов повседневного мира человека; они также отнюдь не просто «даны» нам в ощущениях, чувствах или в непосредственном восприятии, но являются конструкциями, основанными на врожденных или приобретенных в обучении категориях, совокупностью самых различных чувств, предшествующего опыта, обучения, иначе говоря, мыслительных процессов, которые все вместе определяют наше «видение» или восприятие. Таким образом, различие между «реальными» объектами и системами, данными нам в наблюдении, концептуальными конструкциями и системами не может быть проведено на уровне здравого смысла.

Эта ситуация вызывает потребность в *системной эпистемологии*. Как ясно уже из сказанного, она глубоко отличается от эпистемологии логического позитивизма и эмпиризма, хотя во многом и разделяет их научную позицию. Эпистемология (и метафизика) логического позитивизма была детерминирована идеями физикализма, атомизма и «камерной теорией» знания. С современной точки зрения, они устарели. Ни физикализм, ни редукционизм, которые требуют сведения исследовательского предмета путем простой «редукции» к элементарным составляющим, подчиняющимся законам традиционной физики, не могут считаться адекватными способами анализа проблем и способами мышления современной биологии, бихевиоральных и социальных наук. В отличие от аналитической процедуры классической науки, исходящей из необходимости

разложения объекта на составляющие элементы и представления об однолинейных причинных цепях, исследование организованных целостностей со многими переменными требует новых категорий — взаимодействия, регулирования, организации, телеологии и т. д., что ставит много новых проблем, относящихся к эпистемологии, математическому моделированию и аппарату.

Мы обязаны считаться с тем, что существует взаимодействие между познающим и познаваемым, зависящее от массы факторов биологического, психологического, культурного, лингвистического и т. п. характера. Сама физика сообщает, что нет последних сущностей, таких, как частица или волна, независимых от наблюдателя. Все это ведет к «перспективистской» концепции, с точки зрения которой физика, при полном признании ее достижений в собственной и смежной областях, не дает, однако, универсального способа познания.

В отличие от редукционизма и теорий, объявляющих, что реальность является «не чем иным, как...» (массой физических частиц, генов, рефлексов, движения и чего угодно еще), мы рассматриваем науку как одну из «перспектив» человека с его биологическими, культурными и лингвистическими дарованиями и ограничениями, созданную для взаимодействия с миром, в который он «включен», вернее, к которому он приспособился в ходе эволюции и истории.

Следующий раздел системной философии связан с отношениями человека к миру того, что в философской терминологии называется *ценностями*. Если реальность представляет собой иерархию организованных целостностей, то и образ человека должен отличаться от его образа в мире физических частиц, в котором случайные события выступают в качестве последней и единственной «истины». Мир символов, ценностей, социальных и культурных сущностей в этом случае представляется гораздо более «реальным», а его встроенность в космический порядок является подходящим мостом между «двумя культурами» Ч. Сноу — наукой и гуманитарным мироощущением, технологией и историей,

естественными и социальными науками или сторонами любой иной сформулированной по аналогичному принципу антитезы.

Этот гуманистический аспект общей теории систем, как представляется, существенно отличен от взглядов механистически ориентированных системных теоретиков, которые говорят о системах исключительно в понятиях математики, кибернетики и техники, давая тем самым повод думать, что теория систем является последним шагом на пути механизации человека, утраты им ценностей, а следовательно, на пути к технократии. Понимая и высоко оценивая математический и прикладной аспекты, автор не представляет себе общей теории систем без указанных гуманистических ее аспектов, поскольку такое ее ограничение неминуемо привело бы к узости и фрагментарности ее представлений.

Таким образом, в общей теории систем можно обнаружить большое и, быть может, запутанное множество «тенденций». Понятны и неудобства, которые причиняет подобная множественность любителям аккуратных формализмов, составителям хрестоматий и догматикам. Однако такое состояние вполне естественно для истории мысли и науки, в особенности для начальных периодов какого-либо крупного их движения. Различные модели и теории стремятся отразить различные аспекты, дополняя тем самым друг друга. Дальнейшее же развитие, несомненно, приведет к их унификации.

Общая теория систем, как уже подчеркивалось, является моделью определенных общих аспектов реальности. Однако она в то же время дает нам угол зрения, позволяющий увидеть предметы, которые раньше не замечались или обходились, и в этом ее методологическое значение. Наконец, как любая научная теория широкого диапазона, она связана с вечными философскими проблемами и пытается найти на них свои ответы.

Берталанфи Л. фон. История и статус общей теории систем // Системные исследования. Ежегодник. 1973.- М., 1973.- С. 20—36.

Г.Хакен

Порядок и беспорядок. Несколько типичных примеров

Когда мы приводим холодное тело в контакт с нагретым телом, обмен теплом происходит так, что в конце концов температуры обоих тел выравниваются. Система становится совершенно однородной, по крайней мере в макроскопическом смысле. Обратный процесс, однако, в природе никогда не наблюдается. Таким образом, процесс идет в одном направлении.

Если в сосуде, часть которого заполнена газом, убрать перегородку, газ заполнит все пространство. Противоположный процесс не происходит: газ сам по себе не сконцентрируется в половине объема сосуда. Если капнуть чернила в воду, то капля будет расходиться до тех пор, пока чернила полностью не перемешаются с водой. Обратный процесс не наблюдался никогда. И еще один пример. Когда самолет в небе выписывает дымом слова, буквы постепенно размываются и исчезают. Во всех этих случаях системы эволюционируют к единственному конечному состоянию, называемому состоянием теплового равновесия. Первоначальные структуры исчезают, заменяясь однородными системами. При анализе этих явлений на микроскопическом уровне, т. е. при рассмотрении движения атомов или молекул, обнаруживается, что беспорядок увеличился.

Завершим эти примеры рассмотрением деградации энергии. Представим себе, что у движущегося автомобиля остановился двигатель. Сначала автомобиль продолжает движение. С точки зрения физика, он имеет одну степень свободы (движение происходит в одном направлении), обладающую определенной кинетической энергией. Эта кинетическая энергия вследствие трения превращается в тепло (нагревая колеса и т. п.). Так как тепло означает наличие хаотического движения многих частиц, энергия одной степени свободы (энергия движения автомобиля) распределилась по многим степеням свободы. С другой стороны, совершенно очевидно, что путем простого нагревания колес мы не сможем сдвинуть автомобиль с места.

Эти явления соответствующим образом описываются термодинамикой. В ней вводится величина, именуемая энтропией, которая является мерой степени беспорядка. Выведенные феноменологически законы термодинамики утверждают, что в замкнутой (т. е. изолированной от внешнего мира) системе энтропия всегда возрастает до своего максимального значения.

С другой стороны, когда мы воздействуем на систему извне, мы можем изменить степень ее упорядоченности. Рассмотрим, например, водяной пар. При высоких температурах молекулы пара движутся свободно, без взаимной корреляции. При понижении температуры образуется капля жидкости, в которой расстояние между молекулами уже в среднем сохраняется. Их движение, таким образом, сильно скоррелировано. Наконец, при еще более низких температурах, в точке замерзания, вода превращается в кристаллы льда. Теперь молекулы расположены в определенном порядке. Такие переходы между различными агрегатными состояниями, называемыми также фазами, происходят весьма резко. Хотя молекулы каждый раз одни и те же, макроскопические свойства трех фаз существенно различны. И совершенно очевидно, что резко различаются их механические, оптические, электрические и тепловые свойства.

Упорядочение другого типа происходит в ферромагнетиках (например, в магнитной стрелке компаса). При нагревании у ферромагнетика внезапно исчезает намагниченность. При понижении температуры намагниченность внезапно появляется снова. На микроскопическом, атомном уровне это можно себе представить так: магнит состоит из большого числа элементарных (атомных) магнитов (называемых спинами). При высоких температурах «магнитики» распределены по направлениям хаотически (рис.1.7), их магнитные моменты, складываясь, взаимно уничтожаются. В результате макроскопическая намагниченность оказывается равной нулю. При температурах ниже критической T_c элементарные магниты выстраиваются в определенном порядке, что приводит к появлению макроскопической намагниченности. Таким образом, упорядочение

на микроскопическом уровне является причиной появления на макроскопическом уровне нового свойства материала. Переход из одной фазы в другую называется фазовым переходом. Столь же резкий переход наблюдается в сверхпроводниках. В некоторых

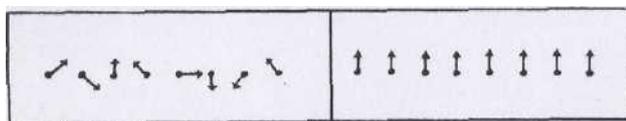


Рис. 1.7. Элементарные магниты, хаотично распределенные по направлениям при $T > T_c$ (слева); справа — упорядоченное расположение элементарных магнитов при $T < T_c$

металлах и сплавах ниже определенной температуры электрическое сопротивление внезапно и полностью исчезает. Это явление обусловлено определенным упорядочением электронов в металле. Есть еще много других примеров подобных фазовых переходов, между которыми часто обнаруживается поразительное сходство.

Эта область исследования весьма интересная, но она не дает ключа к объяснению каких-либо биологических процессов, где порядок и должное функционирование достигается не понижением температуры, а постоянным подводом энергии и вещества к системе. При этом, помимо многого другого, происходит следующее. Переработка энергии, подводимой к системе в виде химической энергии, на микроскопическом уровне проходит много этапов, что в конце концов приводит к явлениям упорядочения на макроскопическом уровне: образованию макроскопических структур (морфогенез), движению с небольшим числом степеней свободы и т. д.

Возможность объяснения биологических явлений, особенно образования на макроскопическом уровне порядка из беспорядка, на основе термодинамических законов и физических явлений, уже упомянутых выше, кажется довольно нереальной.

Это привело ряд известных ученых к выводу о том, что такое объяснение невозможно. Не будем, однако, приходить в уныние от мнения некоторых авторитетов. Рассмотрим лучше проблему с другой точки зрения. Пример с

автомобилем учит нас, что энергию многих степеней свободы можно сконцентрировать на одной степени свободы. Действительно, в двигателе автомобиля химическая энергия бензина сначала превращается в тепло, затем в рабочем цилиндре поршень выталкивается в одном предписанном ему направлении, посредством чего энергия многих степеней свободы превращается в энергию одной степени свободы. В связи с этим важно напомнить два обстоятельства.

1. Весь процесс происходит в машине, созданной руками человека. В ней мы установили четкие ограничения.

2. Процесс начинается из сильно неравновесного состояния. Расширение газа, толкающего цилиндр, соответствует приближению к тепловому равновесию при заданных ограничениях.

Против использования этой машины в качестве модели для биологических систем сразу же можно возразить, что биологические системы самоорганизуются, а не созданы искусственно. Это приводит нас к вопросу о том, можно ли в природе найти системы, которые функционируют в состоянии, далеком от состояния теплового равновесия при ограничениях, определяемых самой природой. Некоторые системы такого типа были открыты совсем недавно, другие известны уже давно. Мы приведем несколько типичных примеров.

Системой, находящейся на границе между естественными системами и искусственными устройствами, является *лазер*. Здесь мы рассмотрим лазер как прибор, созданный руками человека, хотя лазерная генерация (в микроволновом диапазоне) была обнаружена и в межзвездном пространстве. В качестве примера рассмотрим твердотельный лазер. Это — твердый стержень, в который внедрены атомы определенного типа.

Обычно на торцах стержня устанавливаются зеркала. Каждый атом может возбуждаться действием извне, например, с помощью освещения. После этого атом действует как микроскопическая антенна, испуская цуг световых волн. Процесс излучения длится обычно 10^{-8} с, и испущенный цуг имеет длину около

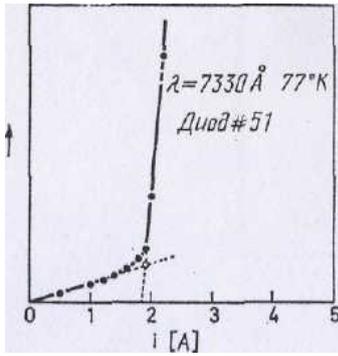


рис. 1.12. Выходная мощность лазера в зависимости от мощности накачки ниже и выше порога генерации (М. Г. Пилкун, неопубликованные результаты)

З м. Зеркала служат для селекции таких цугов: бегущие в аксиальном направлении цуги отражаются несколько раз от зеркал и остаются в лазере более продолжительное время, остальные быстро покидают объем. Когда мы начинаем накачивать в лазер энергию, происходит следующее. При малых мощностях накачки лазер работает как лампа.

Атомные антенны излучают световые цуги независимо друг от друга (хаотично). При определенном значении мощности накачки, называемой пороговой мощностью лазерной генерации, происходит совершенно новое явление. Похоже, что некий демон заставляет атомные антенны осциллировать в фазе. Они испускают теперь один гигантский цуг, длина которого может быть 300000 км! При дальнейшем увеличении входной мощности (накачки) интенсивность излученного света (т. е. выходная мощность) резко возрастает. Очевидно, что макроскопические свойства лазера при этом коренным образом меняются, причем это изменение напоминает фазовый переход, например, в ферромагнетике.

Как мы увидим далее, эта аналогия проходит гораздо глубже (рис.1.12). Очевидно, что лазер является системой, находящейся вдали от состояния теплового равновесия. Когда энергия накачки входит в систему, она превращается в лазерный свет с его уникальными свойствами. Затем этот свет излучается лазером. Очевиден вопрос: что это за демон, который заставляет подсистемы (т. е. атомы) вести себя так организованно? Или, выражаясь более научно, какие механизмы и принципы способны объяснить самоорганизацию атомов (или атомных антенн)? Если лазер накачивается еще более мощной накачкой, снова внезапно происходит совершенно новое явление. Стержень регулярно испускает световые вспышки чрезвычайно короткой длительности, скажем 10^{-12} с. За другим примером обратимся теперь к гидродинамике. Пусть это будет обтекание жидкостью цилиндра. При малой скорости картина обтекания

такая, как на рис. 1.13а. При более высокой скорости внезапно возникает новая, статическая картина: появляется пара вихрей (рис.1.13д). При еще более высокой скорости возникает динамическая картина, вихри теперь осциллируют. Наконец при еще более высокой скорости появляется нерегулярная картина - турбулентный поток. В этой книге мы не будем больше обращаться к этому примеру, но рассмотрим следующий.

Конвективная неустойчивость (неустойчивость Бенара). Рассмотрим слой жидкости, подогреваемый снизу, в то время как сверху температура поддерживается постоянной. При малой разности температур (точнее, при малом

градиенте) тепло переносится в результате процесса теплопроводности и

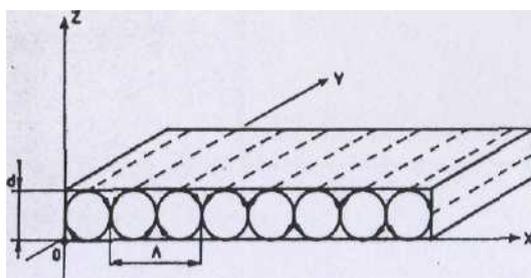


рис. 1.15. Движение жидкости в цилиндрических ячейках при числах

Рэля, несколько превышающих критическое значение

жидкость остается в покое. Когда температурный градиент достигает некоторого критического значения, в жидкости начинается макроскопическое движение. Так как нагретые области жидкости расширяются, они имеют более низкую плотность и всплывают наверх, охлаждаются и опускаются снова на дно. Удивительно то, что это движение происходит четко упорядоченным образом. При этом наблюдаются либо цилиндрические, либо гексагональные ячейки. Таким образом, из совершенно однородного состояния возникает динамическая хорошо упорядоченная пространственная структура. При еще большем увеличении температурного градиента возникает новое явление. В цилиндрах начинается волновое движение вдоль их осей... Отметим, что лепестки узлов осциллируют во времени. Эти явления играют фундаментальную роль, например, в метеорологии, определяя процессы движения воздуха и образования облаков...

В ходе многих химических реакций образуются пространственные, временные или пространственно-временные структуры. Они возникают, в частности, в реакции Белоусова - Жаботинского. Для ее осуществления смешивают $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$, KBrO_3 , $\text{CH}_2(\text{COOH})_2$, H_2SO_4 и добавляют несколько капель ферроина (окислительно-восстановительного индикатора). Получающуюся однородную смесь переливают в пробирку, где сразу же начинаются временные осцилляции. Раствор периодически меняет цвет - с красного, означающего избыток Ce^{3+} , на голубой, соответствующий избытку Ce^{4+} . Так как реакция идет в замкнутой системе, система в конце концов приходит в однородное равновесное состояние...

И последний пример. В физиологии развития давно известно, что из совокупности одинаковых клеток могут спонтанно организовываться структуры с хорошо различаемыми областями. В эмбриогенезе моделью клеточного взаимодействия может служить агрегация слизевика (*Dictyostelium disciodeum*). Диктиостелиум образует многоклеточный организм путем соединения отдельных клеток. В фазе роста организм существует в виде отдельных амебовидных клеток. Через несколько часов после прекращения роста эти клетки собираются и образуют полярное тело, вдоль которого они разделяются на споровые и стебельковые клетки, составляющие плодовое тело слизевика. Отдельные клетки способны время от времени спонтанно испускать в окружающее пространство порции молекул определенного типа, называемые цАМФ (циклический аденозин-3'-5'-монофосфат). Более того, клетки способны усиливать импульсы цАМФ. Таким образом, они спонтанно и стимулировано выделяют химические вещества (ср. спонтанное и стимулированное излучение света атомами в лазере). Происходит коллективное испускание химических импульсов, которые мигрируют в виде волн концентрации из центра, что приводит к возникновению градиента концентрации цАМФ. Отдельные клетки «чувствуют» направление градиента и мигрируют к центру с помощью псевдоподобий. Получающиеся в результате макроскопические волновые структуры... поразительно похожи на картину волн химической концентрации.

6. ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ

М.Борн

Ньютонова система мира

§ 1. Абсолютное пространство и абсолютное время

Принципы механики, изложенные нами, отчасти были усмотрены Ньютоном в работах Галилея, а отчасти сформулированы им самим. Ньютону мы прежде всего обязаны определениями и законами в настолько общей форме, что они представляются независимыми от земных экспериментов и применимыми к событиям в астрономическом пространстве.

При выводе этих законов Ньютону приходилось предпочитать конкретные механические принципы, для чего были необходимы определенные представления о пространстве и времени. Без таких определений оказывается бессмысленным даже простейший закон механики — закон инерции. Согласно этому закону, тело, на которое не действуют никакие силы, движется равномерно и прямолинейно. Обратимся вновь к столу, на котором проводились опыты с катящимися шарами. Когда шар катится по столу вдоль прямой линии, наблюдатель, следящий за его траекторией с какой-либо другой планеты, вынужден утверждать, что путь шара, с его точки зрения, непрямолинейен, так как Земля сама вращается, и движение, которое представляется прямолинейным вращающемуся вместе с Землей наблюдателю только потому, что шар оставляет прямолинейный след на столе, должно казаться криволинейным другому наблюдателю, не участвующему во вращении Земли. Это можно проиллюстрировать следующим грубым примером.

Круглый диск белого картона укрепляется на оси так, что его можно вращать с помощью ручки. Над плоскостью диска укрепляется линейка. Будем теперь по возможности равномерно вращать диск и в то же время пытаться провести вдоль линейки карандаш с постоянной скоростью, так чтобы он вычерчивал свою траекторию на картоне. Траектория карандаша на картоне будет, разумеется, не

прямой, а кривой линией, которая даже замкнется в петлю, если вращательное движение диска будет достаточно быстрым. Итак, то же самое движение, которое наблюдатель, связанный с линейкой, называет равномерным и прямолинейным, будет названо наблюдателем, связанным с диском, криволинейным (и неравномерным). Это движение можно построить точка за точкой.

Наш пример ясно показывает, что закон инерции, несомненно, имеет смысл только в тех случаях, когда пространство, или, точнее, система отсчета, в которой движение интерпретируется как прямолинейное и равномерное, точно задано.

Коперникова картина мироздания, разумеется, предполагает, что в качестве системы отсчета, для которой выполняется закон инерции, берется не Земля, а система, каким-то образом фиксированная в астрономическом пространстве. В проводимых на Земле опытах, например в опытах с шаром, движущимся по столу, траектория движущегося тела в действительности представляет собой не прямую, а слегка искривленную линию. Тот факт, что это ускользает от нашего внимания, объясняется лишь малостью пути, наблюдаемого в наших экспериментах, по сравнению с размерами Земли. Здесь, как это часто случается в науке, неточность наблюдения приводит к открытию важного факта. Если бы Галилей имел возможность выполнять наблюдения так же точно, как в последующие столетия, запутанная смесь различных явлений сделала бы открытие законов гораздо более сложным. Может быть, Кеплер никогда не объяснил бы движения планет, если бы их орбиты были известны ему так же точно, как они известны в наши дни. Ведь эллипсы Кеплера - лишь приближения, от которых истинные орбиты при наблюдении их в течении большего периода времени значительно отличаются. Аналогичный случай произошел в современной физике с закономерностями спектров: открытие простых соотношений оказалось гораздо более трудным и заметно задержалось вследствие избытка экспериментальных данных.

Итак, перед Ньютоном стояла задача найти систему отсчета, в которой выполнялись бы закон инерции и другие законы механики. Если бы он выбрал в качестве системы отсчета Солнце, вопрос не был бы решен, и решение его только

задержалось бы, ибо могло оказаться, что Солнце тоже движется, как это и выяснилось на самом деле в свое время.

Вероятно, именно в силу таких причин Ньютон пришел к убеждению, что эмпирические системы отсчета, связанные с материальными телами, никогда не смогут послужить основой закона, опирающегося на понятие инерции. Однако закон сам по себе, в силу своей тесной связи с евклидовой идеей пространства, элементом которого является прямая линия, представляется естественным отправным моментом динамики астрономического пространства. Несомненно, именно в законе инерции евклидово пространство проявляет себя вне тесных пределов Земли. Сходные обстоятельства имеют место и в случае времени, поток которого получает свое выражение в равномерном движении, обусловленном инерцией. Если бы в качестве единицы времени был выбран, например, период одного оборота Земли, то закон инерции оказался бы не вполне справедливым, так как в движении Земли имеют место некоторые нерегулярности.

Следуя подобным рассуждениям, Ньютон пришел к заключению, что существуют абсолютное пространство и абсолютное время. Лучше всего передать суть дела словами самого Ньютона... О времени Ньютон писал: «Абсолютное, истинное или математическое время само по себе и в силу своей внутренней природы течет одинаково, безотносительно к чему-либо внешнему и иначе зовется длительностью; относительное, кажущееся или обычное время представляет собой некоторого рода чувственную, или внешнюю (каким бы оно ни было точным или несравнимым), меру длительности, определяемую с помощью движения, которое обычно используется вместо истинного времени; это - час, день, месяц, год...

Ибо дни в природе в действительности не равны друг другу, хотя обычно и считаются равными и используются в качестве меры времени: астрономы вносят поправки в эти меры, выполняя точный анализ небесных движений. Возможно, не существует такой вещи, как стандартное движение, посредством которого время можно точно измерить. Все движения могут быть ускоренными или замедленными, но истинный, или стандартный, процесс течения абсолютного времени не подвержен никаким измерениям. Длительность или возраст существования вещей

остается одним и тем же независимо от того, быстры движения или медленны или их нет вообще...».

О пространстве Ньютон высказал аналогичное мнение. Он писал: «Абсолютное пространство в силу своей природы, безотносительно к чему-либо внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным. Относительное пространство представляет собой некоторое подвижное измерение или меру абсолютных пространств; его мы определяем с помощью своих чувств через взаимное расположение тел, его вульгарно и истолковывают как неподвижное пространство...

Итак, вместо абсолютных положений и движений мы используем относительные, причем делаем это без каких-либо неудобств для своей практической деятельности. Но в философских изысканиях мы должны отвлечься от наших чувств и рассматривать вещи как таковые, независимо от всего, что представляет собой лишь чувственные меры этих явлений. Ибо, возможно, не существует тела, поистине покоящегося, относительно которого все положения и все движения других тел можно было бы отсчитать...».

Недвусмысленное утверждение как в случае определения абсолютного времени, так и в случае определения абсолютного пространства о том, что эти две категории существуют «безотносительно к какому бы то ни было внешнему объекту», кажется странным в устах человека типа Ньютона, ведь он сам часто подчеркивает, что он стремится изучать лишь то, что в действительности существует, то, что можно подтвердить наблюдением. «*Hypotheses non fingo*» - вот его короткое и определенное выражение («Гипотез не ищущу» (лат). - Прим. перев.). Но ведь то, что существует «безотносительно к какому бы то ни было внешнему объекту», невозможно подтвердить наблюдением, и, следовательно, это не факт. Здесь мы сталкиваемся с явным случаем того, как подсознательные представления применяются незаметно к понятиям объективного мира.

Борн М. Эйнштейновская теория относительности. – М., 1964.-С. 72-77.

Макс Лауэ

К экспериментальной проверке общей теории относительности

Год тому назад журнал «Die Naturwissenschaften» сообщил о плане двух английских экспедиций использовать явление солнечного затмения 29 мая 1919 г. для наблюдения, вытекающего из эйнштейновской теории тяготения, отклонения светового луча вблизи Солнца.

Любезность королевского астронома сэра Р.Дайсона, как и любезное содействие господина доктора Л.Зильберштейна из Лондона, позволили теперь ознакомить читателей с полученными в Собрале (Бразилия) фотографиями затмения. Репродукция представляет собой негатив. На ней мы видим полностью затмевающую солнечный диск Луну, окруженную короной, и, кроме того, 7 из 13 ярких звезд, появление которых на пластинке ожидалось. Их нумерация совпадает с нумерацией в предыдущей статье.

Для того чтобы определить кажущееся отклонение этих звезд, нужно сравнить эту фотографию с другой, сделанной несколькими месяцами раньше или несколькими месяцами позже, когда Солнце настолько удалено от данного участка неба, что не может оказать влияния на свет этих звезд. Естественно, что сравнение требует тщательного измерения пластинок с применением оптического увеличения. Отклонение составило бы, например, у звезды 2 в масштабе репродукции около 0,03 мм. Таким образом, различие в положении звезд по отношению друг к другу было бы незаметным для невооруженного глаза. Все же предложенный снимок сам по себе доказывает, что только одна из семи видимых звезд появляется еще в пределах короны. И это немаловажно, поскольку в случае луча, проходящего через корону, возникает сильное подозрение, что его отклонение вызвано обыкновенным преломлением. Конечно, такое подозрение могло бы вначале возникнуть в отношении всех звезд, не зная мы так точно, как далеко простирается газовая оболочка Солнца. Однако тогда закон изменения отклонения в зависимости от углового расстояния Солнца отличался бы от закона Эйнштейна. Таким образом, если бы для какой-либо звезды отклонение, вызванное преломлением, совпало бы

случайно с отклонением, требуемым Эйнштейна, то у других звезд должно было бы проявляться значительное расхождение. Из приведенной таблицы, в которой, конечно, измерениям наиболее удаленных от Солнца звезд 10 и 11 нельзя придавать особого значения, сплошь и рядом у звезд 2, 3, 4, 5, несмотря на различное их удаление от Солнца, заметно столь хорошее совпадение с теорией, что нужно признать доказательное значение опытов.

Материя и пространство в современной физике

Что материя занимает вполне определенное пространство – это элементарный факт, предшествующий всей науке. Но уже при ее зарождении перед наукой возникла проблема, как материя заполняет пространство. Понятно, что пространство делимо бесконечно; но как обстоит дело с материей? Здесь, по-видимому, противостоят друг другу две взаимно исключающиеся возможности: непрерывность и однородность заполнения пространства - предпосылка *континуальных теорий*, и разрывность – предпосылка *атомизма*. Континуальная теория, лежащая в основе механики деформируемых сред, оправдалась повсюду, где измерялись не слишком малые физические образы. Но при размерах, меньших миллионной доли сантиметра, уже десятилетиями безраздельно господствует атомизм.

Что атомы «существуют» (в том смысле, в котором говорят о них физики и химики), сегодня уже нет никакого сомнения. Прежде поколения исследователей должны были прийти к выводу о существовании атомов дедуктивно; мы же видим на фотоснимках в камере Вильсона следы единичной элементарной частицы, наблюдаем на сцинтиллирующем экране удар единичной α -частицы. Различными путями мы можем даже получить довольно точные указания о *величине* атома. Особенно удобны для этого оба противоположных агрегатных состояния, твердое кристаллическое и газообразное. Мы можем *вычислить* размер атома и из теоретических предпосылок, не прибегая к каким-либо экспериментальным данным, причем полученные результаты хорошо согласуются между собой.

В *кристаллах* атомы расположены в наиболее простых геометрически правильных конфигурациях. Рентгеноструктурный анализ позволяет, как известно,

непосредственно определить расстояния между центральными точками атомов. Если представлять себе теперь атомы как шары с центрами в этих точках и такой величины, что они как раз соприкасаются, то мы тем самым сразу находим диаметр атома. Значит, расположение атомов в кристалле будет *«плотнейшей упаковкой шаров»*. Еще из детских игр каждый знает, как надо располагать на плоскости возможно теснее одинаковые шары: шары тогда образуют равносторонние треугольники. Это соответствует одному слою шаров при наиболее плотной упаковке. Существует всего несколько возможностей располагать в пространстве последующие слои таким же образом. У кобальта и тантала такие наиболее плотные упаковки шаров уже точно обнаружены.

...современная атомная теория позволила и вычислить величину атома. Согласно *боровской модели атома*, из множества механически возможных путей электронов по определенным правилам отбираются некоторые дискретно расположенные траектории, соответствующие минимальному расстоянию электронов от ядра. Чем больше электронов в атоме, тем больше «оболочек» необходимо для их размещения. Следовательно, диаметр атома можно определить чисто расчетным путем, зная лишь универсальные постоянные: планковский квант действия, массу и заряд электрона и порядковый номер элемента в периодической системе.

Но нельзя забывать, что хотя найденные столь различными путями значения по порядку величины вполне совпадают, они тем не менее немного отличаются. Это понятно. Простая картина атома-шара слишком груба. Уже в боровской модели атома водорода электрон может вращаться по различным траекториям, по-разному удаленным от ядра. Пространство, занимаемое электронной оболочкой, не имеет твердой внешней границы; она «затухает», подобно тому как атмосфера вокруг Земли постепенно переходит в пустое мировое пространство.

Выражение «затухает» перенято из акустики, из учения о колебаниях, не случайно. Известно, что 1925 г. Луи де Бройль и Шредингер переработали теорию атома в некоторую «волновую теорию» материи, в которой каждой частице сопоставляется волна материи. Что волны материи реальны и не являются только

математической фикцией, позже было показано в знаменитых опытах Дэвиссона и Джермера. Волну узнают по интерференционным и дифракционным явлениям, привычным нам для света, рентгеновских лучей и звука. Выяснилось, что при прохождении пучка электронов через вещество происходят точно такие же интерференционные и дифракционные явления. Это же наблюдается, как показал профессор О.Штерн (из Гамбурга), для пучков молекул водорода, атомов гелия и т.д. Согласно волновой механике, уже отдельному электрону нельзя приписывать определенные размеры: он кажется «размазанным» по всему пространству.

Эти новые открытия и теории вызвали необходимость коренного пересмотра традиционных представлений о пространственном распределении материи. Всегда существовало некоторое расхождение между допущением о существовании «мельчайших частиц» материи и представлением о пространстве. Могут ли вообще существовать мельчайшие частицы? Допустим, что электрон является такой частицей. Но электрон занимает определенное пространство; следовательно, в нем можно различить отдельные области. Если он действительно заполняет свое пространство постоянно – а иначе он не был бы мельчайшим строительным камнем, - то, очевидно, рано или поздно должны замечаться явления, обусловленные движением этих частей друг относительно друга. Эти явления должны вести к своего рода «механике деформируемого электрона»; короче, мы опять имеем дело не с мельчайшей частицей.

Если, несмотря на это, физика придерживается мельчайших частиц, а это само собой разумеется перед лицом импонирующих результатов современной атомистики, то ее представления о заполнении пространства должны быть существенно другими. Простейшая корпускулярная картина недостаточна. Современная физика пытается найти подходы к новой формулировке общей проблемы пространства и материи. Но они никоим образом нас не удовлетворяют. Знаменитые соотношения неопределенности Гейзенберга, которые утверждают, что нельзя одновременно точно определить место и импульс точечной массы, содержат в себе почти *contradictio in adjecto*: в ньютоновской механике точечная масса (приблизительно) как раз определяется как нечто, место и импульс чего известны.

Так повсюду выявляется, что для вновь открытых фактов еще нет точного способа выражения.

Сегодня физика стоит перед необычайно сложной задачей: она должна заново создавать основные понятия своих общих теоретических построений. Этим она, собственно, обращена к состоянию, в котором она находилась задолго до Галилея и его времени, поскольку в первом творческом столетии современного естествознания, по крайней мере в вопросах, в которых «сталкивались» пространство и материя, не видели никакой проблемы. Нельзя ожидать, что раскрыть квантовую загадку удастся в ближайшем будущем. Физику остается лишь терпеливо выжидать, к чему приведет ход развития.

М.Лауэ. Статьи и речи. – М., 1969. С. 77-78, 223-227.

7. КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВСЕЛЕННОЙ

М.Борн

§ 12. Космология

Впервые высказанная Эрнстом Махом идея о том, что инерциальные силы обусловлены действием полной системы неподвижных звезд, наводит на мысль о применении общей теории относительности во всей Вселенной. Этот шаг действительно был предпринят Эйнштейном в 1917 г., и с этого момента начинается период современного развития космологии и космогонии – наук о строении и происхождении космоса. Это развитие продолжается в полную силу и в наши дни, обогащаясь важнейшими результатами, хотя мы еще далеки от окончательных заключений. Описание этого колоссального поля исследований и предположений потребовало бы еще одной книги такого же объема, как наша. Но поскольку космологические исследования многие считают самой важной частью работы Эйнштейна, эти исследования нельзя обойти. Поэтому мы кратко обрисовываем современную ситуацию в этой области.

Размышления о Вселенной занимают человека с незапамятных времен. Древние полагали, что звезды прикреплены к хрустальной сфере; вопрос о том, что за нею, тогда не поднимался. С другой стороны, Аристотель рассматривал время как

бесконечное. В средние века Фома Аквинский учил, что это мнение Аристотеля нельзя ни подтвердить, ни опровергнуть. Сотворение космоса и времени может базироваться только на вере. Начало мира в определенный момент времени и его конечная протяженность были твердо установившейся доктриной схоластики. Идея о том, что космос можно рассматривать как бесконечный, была выражена средневековым мыслителем Николаем Кузанским (1401-1464 гг.). Ньютон включил бесконечность пространства и времени в свои фундаментальные принципы и размышлял над вопросом, конечно ли число звезд и заполняют ли они конечную часть бесконечного пространства. Он пришел к заключению, что число звезд должно быть бесконечным и они должны распределяться в пространстве довольно равномерно, так как конечное число звезд рухнуло бы друг на друга под действием сил взаимного притяжения. Позднее выяснилось, что этот аргумент ведет к математическим затруднениям столь категорического типа, что стали даже задумываться о модификациях ньютоновского закона тяготения на больших расстояниях.

Против предположения о конечном числе звезд существует еще одно возражение, прямо противоположное выдвинутому Ньютоном – именно, что такая система стала бы расплзаться и, таким образом, исчезла бы, растворившись в бесконечном пространстве. Звезды имеют довольно большие скорости, причем скорости, распределенные хаотически во всех направлениях. В этом смысле система напоминает молекулы газа, а ведь ясно, что газ, не ограниченный жесткими стенками, станет расширяться и постепенно улетучится в результате диффузии. Как учит нас кинетическая теория, для того чтобы избежать этой диффузии, недостаточно заменить стенки взаимными притягивающими силами, обратно пропорциональными квадрату расстояния, соответственно закону Ньютона. В свете этих соображений кажется весьма трудным объяснить, почему звездная система до сих пор существует, несмотря на такую тенденцию к расширению. Однако этот аргумент тоже потерял свою силу, поскольку современные исследования недавно обнаружили действительное существование подобного рода расширения Вселенной, о чем мы сейчас расскажем.

Существуют и другие критерии, которыми можно воспользоваться подходя к проблеме о том, конечен или бесконечен звездный мир. Во втором случае, как утверждалось, все небо светилось бы ярким светом, ибо интенсивность света, посылаемого на Землю звездами, должна в последовательных сферических слоях одинаковой толщины возрастать, а яркость каждой отдельной звезды, наоборот, убывать, как квадрат расстояния до Земли, т.е. с одной и той же скоростью. Следовательно, если бы такие сферические оболочки простирались до бесконечности, а плотность звезд оставалась при этом приблизительно постоянной, то глаз видел бы яркую освещенность во всех направлениях. Одно время думали, что этот аргумент существенно ослабляется замечанием, что пространство не вполне пусто: в нем присутствуют атомы и частички пыли повсеместно, преимущественно с малой плотностью, но иногда в форме концентрированных облаков. Последние поглощают и рассеивают проходящие через них световые лучи, тем самым затуманивая и затемняя звезды. Но это возражение было бы справедливым лишь в том случае, если бы имело место начало мира в какой-то конкретный момент времени. В противном случае во Вселенной существовало бы тепловое равновесие и пылевые облака должны были бы оставаться такими же горячими и яркими, как сами звезды. Эта позиция приводит к проблеме «тепловой смерти Вселенной», т.е. к представлению о необратимом уравнивании разностей температур, как тому учит термодинамика. Однако мы не будем углубляться в дискуссию этого сложного вопроса.

Все эти рассуждения не дают определенного ответа. Поэтому Эйнштейн, взявшись за исследование проблемы с точки зрения своей теории, сделал весьма решительный шаг. Он попытался прежде всего дать ответ на традиционный вопрос: как может материя быть однородно распределенной в пространстве, не переходя в состояние движения в направлении наружу от центра распределения и, таким образом, не растворяясь в бесконечном пространстве? Но здесь он был разочарован, так как столкнулся с теми же самыми трудностями, которые в свое время остановили предыдущих исследователей, подходивших к этой проблеме с классической позиции. Как мы уже сказали выше, эти трудности оказались столь

велики, что ученые были вынуждены искать довольно радикальный выход, обратившись к попытке изменить ньютоновский закон силы на больших расстояниях. Аналогичным образом Эйнштейн предложил модификацию своего закона тяготения, сохранив, конечно, принцип общей инвариантности, но изменив уравнения поля так, что модификации оказались неуловимыми для планетных систем и начинали играть роль лишь на космических расстояниях. Он воспользовался фактом, что его пространство неевклидово и искривлено...

Мы должны дать несколько пояснений относительно этого странного утверждения о том, что пространство может быть конечным, но все-таки не иметь границ или пределов. Рассмотрим двухмерный случай: нетрудно представить себе конечную, но неограниченную поверхность, например сферу. Эйнштейн утверждает, что трехмерное пространство ведет себя аналогичным образом, в частности, для однородного распределения оно представляет собой трехмерный аналог сферической поверхности. Геодезические линии на сфере есть окружности наибольшего диаметра и, следовательно, замкнутые кривые. То же самое должно иметь место и для геодезических в нашем мире, которые представляются лучами света или траекториями свободно падающих частиц (невозмущенными локальными массами). Следовательно, световой сигнал или тело, посланные в одном направлении, должны вернуться с противоположной стороны, разумеется, после очень большого промежутка времени. Но существуют и другие следствия этой гипотезы, не выходящие полностью из пределов фактического опыта. В европейской обсерватории можно сфотографировать определенную звезду; в «стране антиподов» - скажем, в Сиднее в Австралии – можно сфотографировать звезду, направление на которую точно противоположно первому. Представляется вполне резонным, что в сферической вселенной оба наблюдателя фактически должны видеть одну и ту же звезду точно так же, как на поверхности Земли радиосигнал антиподов может прийти к нам из двух противоположных направлений. Можно было бы даже предполагать, что тождественность двух изображений звезд возможно установить с помощью каких-нибудь особенностей их спектра. Даже если обычный свет окажется неудачным для столь больших

путешествий, мы располагаем современными методами радиоастрономии, позволяющими достигать гораздо более далеких областей пространства. И хотя это только размышления о будущих возможностях, они показывают, что замкнутое, конечное и неограниченное пространство представляет собой вариант, доступный эмпирическим исследованиям.

В связи с эйнштейновской статистической моделью выяснилось, что радиус кривизны трехмерной сферической поверхности связан с величиной константы λ и обе эти величины зависят от полного количества материи во Вселенной. Чем больше полная масса, тем меньше радиус кривизны, и чем более разрежена материя, тем меньше кривизна (напомним, что кривизна есть величина, обратно пропорциональная квадрату радиуса кривизны).

Эта, скорее простая, модель вселенной оказалась в то же время вполне удовлетворительной, поскольку она согласовывалась со всеми известными фактами. В самом деле, наблюдения обнаруживают лишь малые и нерегулярные движения звезд и их сравнительно равномерное распределение. Но новые идеи, выдвинутые Эйнштейном, стимулировали дальнейшие исследования, и вскоре весь подход к проблеме решительно изменился.

В том же самом 1917 г., в котором Эйнштейн опубликовал свою статическую модель космоса (с λ -членом), датский астроном де Ситтер опубликовал другую модель, представляющую собой также решение эйнштейновских уравнений поля (с λ -членом). Это решение имело то свойство, что оно существовало определенным образом даже в случае «пустой» вселенной, свободной от материи, а если в таковой вселенной появлялись массы, то решение переставало быть статическим: возникало некоторого рода космическое отталкивание между массами, стремящееся удалить массы друг от друга и растворить всю систему. Тенденция к расширению, согласно де Ситтеру, становилась, разумеется, заметной лишь на очень больших расстояниях. Де Ситтер обратился к поискам данных о движениях весьма удаленных объектов. В литературе он нашел лишь немногие не особенно надежные сообщения, касающиеся движения так называемых спиральных туманностей. Эти туманности, по сути дела, представляют собой гигантские скопления звезд, подобные

галактической системе, к которой принадлежит Солнце, но столь далекие, что большинство из них представляется лишь туманными пятнами, хотя некоторые отчасти удается разделить на отдельные звезды. Теперь их часто называют галактиками. В те времена знания об этих объектах были весьма убогими. Но во всех случаях, в которых изучение доплер-эффекта позволило определить радикальные скорости, величина красного смещения оказалась замечательно высокой по сравнению со значениями для более близких объектов – звезд нашей собственной галактики. Эти находки дали толчок дальнейшим теоретическим исследованиям и новым улучшенным измерениям расстояний и скоростей спиральных туманностей.

Примерно в 1929 г. американский астроном Хаббл обнаружил существование странной согласованности между расстоянием и скоростью туманности: все туманности движутся от нас, причем со скоростью, которая возрастает пропорционально расстоянию; другими словами, система спиральных туманностей расширяется как раз так, как предполагали ранние мыслители, опираясь на примитивное сравнение этой системы с газом. Но если считать, что это расширение происходило в прошлом точно так же, как оно происходит сейчас, то мы приходим к идее, что вся система должна иметь начало – момент, когда вся материя была сосредоточена в малом «сверхядре», и, следовательно, можно рассчитать период времени, прошедший с этого «сотворения мира» до настоящего момента. Результат, полученный из данных Хаббла, - от 2000 до 3000 миллионов лет.

Тем временем релятивистская космология, начало которой заложили Эйнштейн и де Ситтер, стала переходить в руки Фридманна, Леметра, Толмана, Робертсона и др. Был обнаружен ряд новых возможных моделей вселенной, соответствующих решениям, заключенным между крайними случаями, указанными Эйнштейном и де Ситтером, и возник вопрос, какая из этих моделей лучше соответствует эмпирическим данным, в частности фактам, установленным Хабблом. Сегодня существует множество ответвлений и усовершенствований теорий, а поток результатов наблюдений столь велик, что даже трудно судить о практической ситуации. Ранние идеи, считавшиеся когда-то наиболее плодотворными, оказались

слишком ограниченными или даже ошибочными. Существуют нестатические решения эйнштейновских уравнений, которым присущи свойства, характерные для его статической модели 1917 г., - замкнутость и конечность; в двумерном представлении они соответствуют поверхности равномерно расширяющейся сферы, подобной надуваемому резиновому шару. Но эта-то конечность и замкнутость Вселенной, которая при первом своем появлении так будоражила умы, оказалась не такой уж привлекательной идеей, поскольку выяснилось, что существуют другие нестатические решения, согласно которым Вселенная бесконечна и «плоска». Можно даже утверждать, что классической модели расширяющегося газа, частицы которого подчиняются закону Ньютона, вполне достаточно в обычном евклидовом пространстве для объяснения всех основных особенностей наблюдений. Такую теорию можно было применить к расширяющейся вселенной еще 100 или 150 лет назад. Однако идея о неустойчивой системе звезд слишком чужда тем временам, и в литературе едва ли встречается хотя бы одно упоминание о ней: лишь Больцман – один из основателей кинетической теории газов и статистической теории материи вообще – намекнул в 1895 г. на возможность существования расширяющихся систем звезд, но не занялся этим вопросом серьезно. На самом деле подобный классический подход следует модифицировать, именно, для весьма удаленных и, следовательно, очень быстрых объектов. Здесь ньютоновская механика теряет почву и должна быть заменена механическими законами специальной теории относительности. Английский астроном Милн, исходя из этой точки зрения, построил теорию расширяющейся вселенной на базе лишь специальной теории относительности и принципа однородности, утверждающего, что общая картина Вселенной совершенно одинакова, где бы ни был расположен наблюдатель. Милн был так убежден в силе своих принципов, что считал их даже логически убедительными. Он, как и Эддингтон до него, верил, что все строение Вселенной можно вывести из априорных принципов, не обращаясь к опыту, - и между тем, оба ратовали за совершенно различные и противоречащие друг другу «априорные» основания своих систем. Ни одна из этих систем не оказалась плодотворной для дальнейшего развития науки.

Судьба λ -члена, который Эйнштейн ввел в 1917 г. и который послужил стимулом для всех космологических исследований, оказалась довольно бурной. Вейль и Эддингтон интерпретировали его как универсальную космическую долину и воздвигли на базе этой идеи теорию, весьма обильную философскими рассуждениями. Позднее, когда выяснились возможности широкого выбора допустимых теорий, занимающих промежуточное положение между моделями Эйнштейна и де Ситтера, λ -член стал, пожалуй, излишним и сам Эйнштейн рекомендовал отбрасывать его. Но и он, и другие специалисты по космологии, по-видимому, упустили тот факт, что λ -член совершенно необходим при оценке возраста Вселенной, вычисляемого путем экстраполяции в прошлое данных Хаббла с учетом максимального возраста отдельных метеоритов, звезд и звездных систем, получаемых из совершенно иных и независимых наблюдений (например, определение возраста метеоритов, найденных на Земле, производится путем анализа содержания радиоактивных элементов и продуктов распада; при этом известные периоды полураспада дают своеобразные атомные часы, применимые в космической шкале времени). И возраст Вселенной как целого, и возраст отдельных объектов имеют, как оказалось, один и тот же порядок величины – несколько 1000 миллионов лет. Однако λ -член при этом необходим для того, чтобы возраст Вселенной как целого оказался больше, чем возраст любого из упомянутых частных объектов в ней. Ситуация вновь изменилась, когда новые тщательные исследования, выполненные после 1952 г., показали, что космические расстояния фактически больше, чем величины, принятые Хабблом. Теперь снова оказалось возможным опустить λ -член, не создавая затруднений, связанных с возрастом Вселенной, вычисленным по формулам Хаббла и на основе радиоактивных измерений возраста метеоритов и других небесных тел. Согласно современным измерениям, возраст Вселенной составляет около 5000 миллионов лет.

Идея об определенном моменте «начала мира» казалась столь странной, что были предприняты попытки обойти этот вопрос, заменяя явление возникновения Вселенной некоторым устойчивым состоянием. Это, очевидно, невозможно без принятия предположения, что материя постоянно создается из ничего, ибо как

могут звезды двигаться, постоянно удаляясь друг от друга, и не оставлять позади себя все более разреженной области? А между тем ситуация совершенно не такова: имеются сильные доказательства в пользу довольно однородного среднего распределения звезд во всей области пространства, доступной самым сильным телескопам.

Поэтому были выдвинуты теории, исходящие из предположения, что Вселенная находится в устойчивом состоянии благодаря постоянному сотворению материи. Что существуют так называемые «новые звезды», «новые» и «сверхновые» - это факт. Его обычно объясняют как взрыв существующих звезд низкой светимости. Но Иордан предположил, что эти звезды могут быть в самом деле новыми, что гравитационная энергия может превращаться в реальную материю. Его теория представляет собой обобщение теории Эйнштейна: следуя предположению, выдвинутому Дираком, он допустил, что гравитационная константа общей теории (обобщение ньютоновской константы гравитации) на самом деле не константа, а переменная, истолковал ее как одиннадцатую компоненту поля и добавил ее к десяти компонентам метрического поля. Но несмотря на большие усилия, этот путь не дал никакого вразумительного результата. То же самое относится к теориям, предложенным Хойлом, Бонди и Голдом, которые предполагали, что во всем пространстве происходит порождение отдельных атомов водорода из ничего, и соответственно модифицировали эйнштейновские уравнения поля. К счастью – для создателей этой теории – оказывается, что число порождаемых при этом атомов столь мало (порядка 1 атома в кубе с ребром 100 м в течение столетия), что оно гораздо ниже величин, доступных наблюдению.

У читателя может сложиться впечатление, что современная космология ушла с твердой эмпирической почвы в такие дебри, где утверждения могут выдвигаться без всяких опасений, что их удастся подвергнуть проверке наблюдениями. Это в самом деле можно сказать о только что обрисованных теориях, особенно потому, что смешанное чувство восхищения и легкой неприязни, которое они вызывают, резко усиливается почти фанатической уверенностью, с которой эти теории

пропагандируются своими авторами. К несчастью, но довольно естественно, такое положение вещей было использовано различными идеологиями для того, чтобы объявить какие-то из этих теорий подтверждением своих догм и предать анафеме другие. Есть теологи, которые приветствуют космологию, когда она вводит начало мира, потому что этот процесс можно интерпретировать как акт божественного промысла.

Как нас уже убедили геология и палеонтология, временной масштаб библии необходимо умножить на большой коэффициент; остается лишь еще увеличить этот коэффициент, чтобы истолковать библейскую сказку о сотворении мира как символическое представление того, чему учит наука. С другой стороны, материалисты и атеисты предпочитают находящуюся в устойчивом состоянии Вселенную типа предложенной Хойлом, что позволяет обойти акт сотворения и щекотливый вопрос: что было до этого акта? БСЭ занимает довольно нечеткую позицию, считая расширение явлением ограниченных масштабов во Вселенной, во всех остальных отношениях стационарной.

Все точки зрения, если их принимать догматически, чужды духу науки, и каждую из них можно опровергнуть, показав что она не принимает во внимание все стороны вопроса. Те, кто приветствует идею о «начале», забывают, что с уверенностью можно утверждать лишь существование состояния высокой плотности материи, совершенно отличного от известного нам распределения отдельных звезд; можно усомниться, что в таком состоянии применимы представления о пространстве и времени, поскольку эти представления самым тесным образом связаны с характером разреженной системы звезд. Поэтому «начало» относится лишь к нашей способности описывать положение вещей с помощью аппарата привычных нам понятий. Вопрос, имело ли место сотворение из ничего – не научная задача, а вопрос веры, лежащий вне возможностей опыта, о чем знали уже старые философы и теологи, вроде Фомы Аквинского. Атеистам, которым не нравится «начало», потому что его можно истолковать как сотворение, следует сказать, что начало Вселенной в том виде, как она нам известна, может быть концом другой формы развития материи, хотя практически было бы совершенно

невозможно узнать что-нибудь относительно этого периода, поскольку все следы были стерты в суматохе разрушения и перестройки.

Однако эксцентричности и фантазии не должны затенять того факта, что идеи Эйнштейна открыли новый путь изучения Вселенной и дали новый стимул старой астрономической науке, сравнимый по силе лишь с тем, который дал ей Коперник.

.Борн М. Эйнштейновская теория относительности. – М., 1964.- С. 435-443.

П.Девис. Краткая история Вселенной

...Раннюю Вселенную... можно характеризовать последовательностью эпох. Самая ранняя эпоха продолжалась около 10^{43} с, т. е. возраст Вселенной составлял около одной планковской единицы времени. В пределах этой так называемой эпохи Планка, вероятно, были значительными эффекты квантовой гравитации, приводившие к распаду структуры пространства-времени. Пока еще не разработана надежная теория квантовой гравитации, поэтому невозможны подробные исследования эпохи Планка.

В конце эпохи Планка температура была, вероятно, около 10^{32} К и присутствовали только элементарные строительные блоки вещества, плотность же была колоссальной - 10^{97} кг/м³. По мере падения температуры из строительных блоков (кварков?) образовывались адроны. При дальнейшем понижении температуры большинство этих адронов последовательно аннигилировали со своими античастицами. Частицы, которые избежали аннигиляции, являясь нестабильными, в конце концов распались.

Примерно через одну микросекунду после начала расширения вещество Вселенной состояло только из более легких частиц: протонов, нейтронов, электронов, мюонов, пионов и их античастиц, а также из нейтрино, фотонов и гравитонов. Тяжелые же частицы, например содержащие странный и очарованный кварки, к этому времени исчезли. Примерно через 10^{-6} сек. после начала расширения температура стала слишком низкой, чтобы поддерживать существование антипротонов и антинейтронов. Примерно при 10^{-3} сек. аннигилировали мюоны.

Наконец, приблизительно через секунду в результате аннигиляции исчезли позитроны и остались только нейтроны, протоны, электроны, нейтрино, фотоны и гравитоны.

Температура продолжала снижаться, и тепловая энергия упала ниже энергии связи сложных ядер, позволяя протонам и нейтронам объединиться. Вычисления показывают, что в этом первичном синтезе ядер образовалось около 25% (по массе) гелия, а остальное вещество почти полностью состояло из свободных протонов. Через несколько минут температура была уже слишком низкой для дальнейших реакций синтеза ядер, и успело образоваться за это короткое время лишь очень немного ядер тяжелее, чем ядра гелия.

Постепенное охлаждение продолжалось, но его темп уменьшался со временем, так что потребовалось около 10^5 лет, прежде чем температура достигла примерно 10^4 К. При этой температуре свободные протоны и электроны рекомбинировали, образовав атомарный водород. На этой стадии вещество стало прозрачным для излучения, и с того времени вещество и излучение в значительной степени разъединились.

В конце концов охлаждавшийся газ образовывал облака, из которых возникли протогалактики. Области повышенной плотности притягивали дополнительное вещество, и их сила тяготения увеличивалась. Медленное сжатие этих протогалактик протекало под действием самогравитации. Одна за другой сменялись последовательные стадии фрагментации, и в конце концов в газовых облаках начался процесс звездообразования. Поскольку эти облака (протозвезды) сжимались, происходило постепенное разогревание протозвезд до тех пор, пока температуры центральных областей не поднимались достаточно высоко (несколько миллионов градусов), чтобы начались термоядерные реакции. С началом выделения ядерной энергии сжатие прекращается, так как температура и давление в центре возрастают и уравнивают силу гравитации. В конце концов протозвезды обретают равновесие, образуя объекты, которые мы называем звездами.

...Рассмотренные в предыдущих двух главах удивительные совпадения и, по-видимому, случайная согласованность ряда величин производят впечатление, будто

«происходит» что-то необыкновенное. В начале гл. 4 было сделано замечание о том, что, по-видимому, действует скрытый принцип, организующий Вселенную определенным образом. Как иначе объяснить, что энергия расширения Вселенной не только согласована с ее гравитационной энергией, обеспечивая существование Вселенной по крайней мере в течение времени в 10^{60} раз большего, чем длительность естественной планковской единицы времени, но и согласована подобным же образом всюду в пространстве-времени, даже в причинно не связанных областях? Как еще объяснить почти полное равенство (с точностью до знака) L_q и Ω или полную изотропию?

Несмотря на очевидную необходимость открыть на основе фундаментальной физики космический принцип, способный объяснить эти поистине чудесные особенности, а также удивительные совпадения физики микромира, обсуждавшиеся в гл. 3, такой принцип не был еще предложен. Единственная систематическая попытка научно объяснить кажущуюся таинственной структуру физического мира основывается вовсе не на фундаментальной физике, а на биологии. Эта система аргументов обращается к неопровержимому и тем не менее на первый взгляд не относящемуся к делу свойству Вселенной - существованию разумной жизни на Земле.

Обычно в физике «наблюдатель» не принимается во внимание. Как правило, полагают, что мы здесь просто «на прогулке». Некоторые ученые подвергли сомнению это предположение, считая, что строение физического мира неотделимо от обитателей, наблюдающих его, в самом фундаментальном смысле. Они утверждают, что действительно существует некий принцип, осуществляющий невероятно тонкую подстройку Вселенной. Но это не физический, а антропный принцип.

Антропный принцип

Предыдущие главы должны были убедить читателя в том, что строение физического мира определяется рядом наблюдаемых числовых совпадений. Многие из основных свойств Вселенной определяются, в сущности, значениями фундаментальных постоянных природы, таких, как G , a , m_p и т. д. Эти свойства

были бы совершенно иными, если бы перечисленные постоянные имели значения, хотя бы слегка отличающиеся от наблюдаемых. Ясно также, что для возникновения Вселенной, хотя бы отдаленно походящей на наблюдаемую, должны удивительно сложным образом взаимодействовать многие, явно не связанные между собой области физики.

Все это побуждает задать вопрос: почему из бесконечной области всевозможных значений фундаментальных постоянных и из бесконечного разнообразия начальных условий, которые могли бы существовать в ранней Вселенной, реализуются величины и условия, приводящие к вполне конкретному набору весьма специфических особенностей, которые мы и наблюдаем? Безусловно, Вселенная - весьма специфический объект: чрезвычайно однородная в большом масштабе, но все-таки не настолько, чтобы не могли образоваться галактики; с очень низкой энтропией, приходящейся на один протон, и, следовательно, достаточно холодная для химических реакций; с практически равным нулю космологическим отталкиванием, и со скоростью расширения, согласующейся с энергосодержанием с невероятной точностью; с значениями постоянных взаимодействия, позволяющими существовать ядрам, однако не допускающими выгорания всего космического водорода, и многими не менее очевидными случайностями.

На эти совпадения обращали внимание многие ученые. На Эддингтона и Дирака произвело весьма сильное впечатление появление числа 10^{40} в различных соотношениях и они построили детально разработанные физические теории, чтобы объяснить эти совпадения. Эддингтон пытался вывести число 10^{40} как следствие новых фундаментальных физических принципов, а Дирак предположил, что это большое число зависит от времени, причем $G \propto t^{-1}$. Впоследствии теория Дирака более детально разрабатывалась П. Иорданом (и самим Дираком). Иордан также пытался объяснить отношение (4.3) путем радикального отхода от общепринятой физики. Позднее Картер обратил внимание на то, что он называл «замечательным совпадением» отношения (3.9), которое определяет, что типичные звезды лежат в пределах между голубыми гигантами и красными карликами.

На многих произвело сильное впечатление то, что даже существование разумных существ сильно зависит от структуры физического мира, который они изучают. Эти авторы утверждают, что если бы любое из точно отрегулированных условий, обсуждавшихся в предыдущих главах, было нарушено, то жизнь, точнее, известная нам форма жизни была бы невозможна.

Картер замечает: «Существование любого живого существа, подходящего в качестве наблюдателя, будет возможно только при вполне определенных сочетаниях параметров». Дж.Барроу сформулировал проблему несколько иначе: «Уже само наше существование влечет за собой строгий отбор типов Вселенной, которую мы могли бы познавать». В статье, которая начинается с весьма примечательного предложения «Мы существуем», Нанопуолос также придает важное значение отношению числа фотонов к числу протонов во Вселенной. «Наше существование, - утверждает он, - накладывает сильные ограничения на это отношение».

Комментарий Картера, по существу, означает, что если бы фундаментальные параметры имели другие численные значения, то нас бы не было и некому было бы комментировать этот факт. Но заявления Барроу и Нанопуолоса более определены. А именно, что из нашего существования вытекает ограничение на возможную структуру Вселенной, в некотором смысле человек даже «выбирает» ее - идея, сформулированная Джоном Уилером следующим образом: «Вот человек, следовательно, какой же должна быть Вселенная?»

Высказывание Б. де Витта можно рассматривать как поддержку каждой из альтернатив в умышленно двусмысленной и сжатой фразе: «Мир, в котором мы живем, есть мир, в котором живем мы».

Такие взгляды получили название *антропного принципа*. С годами для многих этот принцип стал очень емким. До обсуждения различных его толкований полезно привести пример проявления его в самом подходящем случае, когда нельзя отрицать связь существования человека с проблемой.

Девис П. Случайная вселенная. - М., 1985.- С. 41-42, 44-47, 132-135.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ДВЕ КУЛЬТУРЫ: ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ И ГУМАНИТАРНАЯ

Сноу *Ч.П.* Две культуры.....3

Гейзенберг В. О соотношении гуманитарного образования, естествознания и западной культуры.....8

Вайскопф В. Физика в XX столетии.....11

Гейзенберг В. Наука как средство взаимного понимания народов.....14

2. ПРОБЛЕМА ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Гейзенберг В. Традиция в науке.....18

Борн М. Физика в жизни моего поколения.....20

Бор Н. Можно ли считать квантовомеханическое описание физической реальности полным.....30

3. НАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА

Гейзенберг В. Картина мира.....37

Бор Н. Единство знаний.....41

Лукреций Кар. О природе вещей.....50

Коперник Н. О вращениях небесных сфер.....54

<i>Декарт.</i>	<i>Р.</i>			Первоначала
философии.....				57
<i>Пуанкаре</i>	<i>А.</i>	Эволюция		современной
физики.....				59
<i>Планк</i>	<i>М.</i>	Единство	физической	картины
мира.....				62
<i>Планк</i>	<i>М.</i>	Физическая		картина
мира.....				67
4. ПРОБЛЕМА ЭЛЕМЕНТАРНОГО ОБЪЕКТА				
<i>Вайскопф</i>	<i>В.</i>	Нильс	Бор,	квант
мир.....				и
				74
<i>Аристотель.</i>		Бытие		и
материя.....				78
5. ПОРЯДОК И БЕСПОРЯДОК В ПРИРОДЕ				
<i>Планк</i>	<i>М.</i>	Единство	физической	картины
мира.....				83
<i>Гоббс</i>	<i>Т.</i>	К	читателю.	О
теле.....				89
<i>Башляр</i>		<i>Г.</i>		Новый
рационализм.....				97
<i>Берталанфи.</i>	<i>Л.фон</i>	История	и статус	общей теории
систем.....				103
<i>Хакен</i>	<i>Г.</i>	Порядок	и беспорядок.	Несколько
примеров.....				типичных
				116
6. ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ				
<i>Борн М.</i>	Ньютонова система мира. § 1. Абсолютное пространство и			
абсолютное				
время.....				123
<i>Лауэ</i>	<i>М.</i>	К	экспериментальной	проверке
относительности....				общей теории
				127

7. КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВСЕЛЕННОЙ

<i>Борн</i>	<i>М.</i>	§	12.
Космология.....			131
<i>Дэвис</i>	<i>П.</i>	Краткая	история
Вселенной.....			140

Учебное издание

**Хрестоматия по учебному курсу
«Концепции современного естествознания»**

Редактор: Н.Л.Попова

Компьютерный набор: М.Ю.Прокопьева

Подписано в печать		Бумага	тип
№ 1			
Формат 60x84x 1/8	Усл.печ.л.		Уч.-изд.л.
Заказ №	Тираж	100	Цена
свободная			

РИЦ Курганского государственного университета.

640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.

Курганский государственный университет