

# ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ НАУКИ – ПРИРОДНЫЙ ТАЛАНТ И ДИАЛЕКТИКА

**Новаковская Ю.В.**

*Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова*

DOI 10.55959/MSU012444-6-2026-22-86-121

О, сколько нам открытий чудных  
Готовят просвещения дух  
И опыт, сын ошибок трудных,  
И гений, парадоксов друг,  
И случай, бог изобретатель...

*А.С. Пушкин*

В настоящее время многим начинает казаться, что в концептуальном и фундаментальном плане в науке уже всё сделано. Остается лишь уточнить незначительные детали и использовать имеющуюся базу для прикладных (почти ремесленных) работ, в которых существенную помощь окажут активно развиваемые нейросетевые алгоритмы. Так ли это?

В истории науки не раз были периоды, когда учёным казалось, что картина мира уже ясна и обобщена в рабочих формулах, которые остаётся только применять. И всякий раз это была иллюзия, которую, как мираж, сдувал ветер новых открытий. Лучше всего это иллюстрирует эпоха создания квантовой теории, которая как раз и считается ныне венцом теоретической мысли в физике, а использование нейросетевых технологий представляется многообещающей надстройкой, расширяющей спектр задач,

к решению которых она может быть эффективно применена. Этот пример поучителен ещё и потому, что именно эта новая ступень нашего познания физического мира, не столь уж отдаленная на временной оси от наших дней (всего-то один век прошёл с тех пор – а потому уже многое осознано и мало что забыто), наверное, наиболее полно вобрала в себя всё то, о чём говорил гений русской словесности (и не только словесности) А.С. Пушкин в вынесенных в эпиграф строках. И строки эти приведены потому, что столь ёмко и столь правильно о сути научного исследования, рождающего новое знание, не сказал никто ни до, ни после!

Как формировалось научное знание на протяжении всего существования человечества? Это не оговорка: именно на протяжении всего существования человечества. Потому что «наука» происходит от «научить» (в скобках заметим, что по латыни *scientia* означает «знание»). Человек учился всё время, постепенно расширяя свои познания и проникая всё глубже в суть бытия. По мере того как увеличивалась глубина этого проникновения, оформлялось и более корректное представление об окружающем физическом мире. Так, бревно или кусок мрамора становятся произведением искусства, когда у них отсекают всё лишнее, как очень хорошо охарактеризовал процесс творения великий Микеланджело. И человек постепенно творил науку, одновременно познавая окружающий мир. И поначалу наивные представления и смутные догадки (основанные лишь на наблюдении внешних проявлений) постепенно обретали всё более чёткие черты сначала научных гипотез, а затем и проверенного практикой знания. Но, как и в начале этого пути, никакое знание и сейчас не является окончательным и не подлежащим дальнейшему уточнению и изменению. Квантовая наука проявила это наиболее ярко. Сам термин «квантовый» лучше любого иного передаёт суть. Кванты как маленькие частички вещества или носители энергии. Возникнув как математические объекты, без которых Макс Планк не мог единообразно описать плотность излучения в разных спектральных диапазонах, они имеют право быть уточняемыми

и далее. Они базовые элементы всего сущего, будь то окружающая нас материя или существенно менее осязаемое (по крайней мере, в определённых частотных диапазонах) излучение. И речь здесь не о Стандартной модели, к апологетам коей автор себя причислить не может, а о физической природе окружающего нас мира. И эта физическая природа нами (наукой) пока ещё не познана.

Всё, что может создать наука на очередном этапе своего развития, – это новая теория или модельная конструкция, которая, будучи основана на имеющемся экспериментальном материале, позволяет описывать изученные процессы и явления и даже кое-что предсказывать. Но! Эти предсказания оказываются верны (так было с более ранними теориями, и так есть сейчас) только в границах доступного человеку в соответствующий период опыта. Как только теория пытается выйти за очерченные опытом границы, её предсказания не могут считаться обоснованными ни в какой степени. Это пока не более чем гипотезы. Когда у человека науки появляется новый инструмент, позволяющий заглянуть ещё немного глубже (современная наука уже вполне четко показала, что значит глубже: это следующий, более мелкий масштаб в пространстве и времени, – сегодня это пикометры и фемтосекунды), тогда становится возможной проверка сформулированной ранее гипотезы и либо её подтверждение, либо уточнение, либо опровержение. Любой вариант – это новая ступень лестницы познания, позволяющая сделать знание, доступное человеку, ещё немного более полным и ещё немного более приближенным к физической реальности. Но никогда не совпадающим с этой реальностью. Всегда остаётся какая-то малость, отделяющая нас от сути всего. Как в апории Зенона, перестающей быть парадоксом, основанном на ложном построении. Это про Геркулеса и черепаху. Как мы помним, согласно оригиналу, Геркулес никогда не может догнать черепаху, поскольку за каждый следующий промежуток времени черепаха успеет переместиться на микроскопическое расстояние, которое и окажется отделяющим её от Геркулеса. Почему так? Потому что нельзя сделать время

дискретным. А в науке этот образ в наши дни обретает иные и очень показательные черты. Используя всю мощь современной экспериментальной и теоретической науки, человек (как Гераклес) делает ещё один шаг вглубь материи и обнаруживает, что теперь «видит», что происходит на «поверхности» атомов, но пока не видит, что же там «в атомной глубине», как выглядят там распределения зарядов электронов или что внутри отдельных протонов или нейтронов. И пока мы это не увидим и не поймём, наши попытки создать наиболее эффективные источники энергии (например, термоядерные) так и будут оставаться «почти успешными», когда до реально работающих установок остаётся, кажется, лишь ещё один маленький шаг, но вот сделать его по-прежнему не удаётся.

Читатель может возразить, что автор слишком сконцентрирован на микромире, забывая, что есть ещё макромир – Вселенная, в масштабах которой тоже есть не менее значимые нерешённые проблемы организации материи и излучения. И это совсем иные, макро-масштабы. Нет, не забывает. Но для того чтобы понять, что и как происходит во Вселенной (ну, или для начала хотя бы ближе к границам Солнечной системы), человеку тоже нужны рабочие инструменты – те, что позволят правильно «обращаться» с излучением и, по возможности, воспроизвести его способность с той самой скоростью –  $3 \cdot 10^{10}$  м/с – перемещаться в пространстве. А эта задача неразрешима до тех пор, пока мы не разберёмся с квантами материи и излучения. Круг замыкается, и мы возвращаемся к квантовой теории, становление которой анонсировали выше как прекрасный пример того, как в действительности формируется научное знание и появляются основанные на нём новые направления исследований. Но любой процесс имеет явно открытую стадию и предшествующий ей более скрытый «подготовительный» этап. Поэтому начнем не с рубежа XIX–XX веков, а немного раньше.

Вообще, вся история науки, и прежде всего, физики, – это череда периодов активной конкуренции, казалось бы, взаимоисключающих гипотез и сменяющих их периодов

доминирования победившей теории. И в зависимости от того, насколько хорошей в феноменологическом плане была одержавшая верх научная концепция, дальнейшее развитие науки в соответствующей области оказывалось либо прогрессивно бурным, либо заторможенным на годы, десятилетия, а иногда и целые столетия. Но рано или поздно наступал момент, когда накопившиеся экспериментальные факты, противоречия, необъяснимые (в рамках принятой теории) явления заставляли либо отказаться от базовой концепции, либо существенно её видоизменить или дополнить. Возникали новые интерпретации, формулировались новые гипотезы; эти гипотезы ложились в основу новых базовых конструкций... И спираль научного познания постепенно скручивалась, виток за витком. Иногда шаг спирали (до появления нового ключевого знания) непростительно увеличивался, часто по причинам, не связанным с работой учёных-исследователей, а из-за «политической конъюнктуры» (каковая была всегда и предопределялась не только догматами церкви, но и «весом» динозавров, отстаивавших правоту старого знания, или размером кошелька их заинтересованных спонсоров). Иногда он оказывался очень малым, и витки спирали, как в конце XIX – начале XX века, ложились так плотно, как никогда прежде.

И это именно витки спирали, расположенные один над другим. Этот образ не случаен, ведь путь познания не просто не является прямолинейным, он именно спирален. В том смысле, что переосмысление основ очень редко состоит в уточнении или коррекции существующей концепции (что можно было бы трактовать как некоторое отклонение от предыдущего «прямого» курса). Оно зачастую оказывается смещением в сторону той альтернативы, которая была ранее по каким-то причинам отвергнута или оказалась недостаточно широко известной (сформулированной в заметках, доступных лишь ограниченному кругу исследователей), а потому не стала предметом более глубокого и разностороннего изучения. Но такое смещение отнюдь не есть движение к чему-то среднему. Истина

никогда не находится посередине. Это собирание знания из имеющихся фрагментов, как мозаики или головоломки. Но головоломки, придуманной не человеком, а потому не так легко решаемой. В каждой из конкурировавших гипотез была своя частичка знания (основанная на одном поднаборе фактов и в существенной степени игнорировавшая другой), а в результирующей картине (тоже пока незаконченной) эти две частички (или большее их число) дополнили друг друга (при исключении неизбежных противоречий). Так, над одним витком спирали возник следующий. Какими же были те витки научной спирали, которые предшествовали формированию квантовой физики и включили её в свою орбиту?

Начнем с того, что первые ключевые представления о характере распространения света сформулировал еще Рене Декарт во второй половине 1630-х годов. Это он отметил аналогию световых и звуковых волн. Это ему мы обязаны теорией преломления (для чего хватало геометрической оптики). Но почти сразу (в историческом масштабе), в 1660–1670-х годах возникла и альтернативная, корпускулярная теория, основными авторами которой были Пьер Гассенди и Исаак Ньютон. Однако, Ньютонова гипотеза физических причин преломления света не могла объяснить уже известное на тот момент двойное лучепреломление, что и склонило знакомого с его работами Христиана Гюйгенса к выводу о волновой природе света [1]. Но несмотря на то, что чётко оформленная к 1690 году концепция Гюйгенса объясняла все известные на тот момент свойства света, она не была принята научным сообществом. И причина – в научном авторитете Ньютона. Так, более далёкая от реальности конструкция Ньютона оказалась подавившей конкурентов доминантой, воцарившейся почти на столетие.

Но сначала около 1750-го года Леонард Эйлер предложил объяснение дифракции. Затем Томас Юнг в 1800 году сформулировал концепцию интерференции световых волн, подобно звуковым, и соотнёс длины волн с цветами. А спустя ещё пару десятилетий Огюстен-Жан Френель предложил непротиворечивую

математическую модель, объяснявшую и дифракцию, и интерференцию в рамках волновой теории света [2]. Однако поначалу эта модель не была принята французскими академиками, в большинстве своём специалистами в области механики, а потому поклонниками Ньютона. Сомневался в необходимости отказа от Ньютоновой корпускулярной теории и Симеон Дени Пуассон, который, будучи блестящим математиком, в полной мере оценил элегантность концепции Френеля. И, по-видимому, именно Пуассону мы обязаны первым шагом на пути смены парадигмы в этой области физики. Он показал, что если теория Френеля верна, то на экране, размещённом за круглым препятствием в виде шара, в свою очередь поставленном на пути распространения светового луча, должно в середине черного пятна (вопреки нормальному ожиданию) возникнуть маленькое светлое пятнышко. И учитель Френеля, Франсуа Араго, экспериментально это подтвердил. Произошло это в 1819 году. А спустя два десятилетия вновь Араго предложил эксперимент, который должен был окончательно поставить точку в вопросе правоты волновой теории. Надо было сравнить скорость распространения света в воздухе и в преломляющей среде (например, в воде): корпускулярная теория предсказывала увеличение скорости распространения света в более плотной среде, а волновая теория – его замедление. Через 10 лет (в 1850 году) это удалось Леону Фуко: он придумал, как модифицировать установку, чтобы для измерения не требовались расстояния порядка 9 км (как у Ипполита Физо), а достаточно было всего одного метра! Сравнив измеренные скорости распространения светового луча в воде и воздухе, он пришел к четкому выводу, что, проходя через более преломляющую среду, скорость светового луча замедляется [3]. Это стало приговором корпускулярной теории света. Но окончательным ли? Ведь Френель, предложивший стройную волновую концепцию и зажегший, таким образом, маяк на этом научном пути (кстати, маяк и в прямом, и в переносном смысле, поскольку его линзы и поныне работают

в маяках), так и не мог понять, что же это за сущность, которая вибрирует (колеблется), когда движется.

Ответил на этот вопрос Джеймс Клерк Максвелл в 1864 году. При решении выписанных им уравнений (коих было несравнимо больше, чем та базовая четвёрка, которой мы сейчас оперируем), получались волны, в том числе распространяющиеся с определённой скоростью. И эта скорость, согласно расчётам, оказалась чрезвычайно близка к измеренной экспериментально скорости света. И его вывод был таким: «this speed is so close to that of light that it seems we have good reason to conclude that light itself ... is an electromagnetic disturbance in the form of waves propagating through the electromagnetic field according to the laws of electromagnetism» [эта скорость так близка к скорости света, что, кажется, у нас есть хорошие основания заключить, что сам свет и есть электромагнитное возмущение в виде волн, распространяющихся в электромагнитном поле в соответствии с законами электромагнетизма] [4].

Финал? Конечно, нет. Но отличный момент, чтобы сделать паузу в рассмотрении исторической ретроспективы и отметить первые чёткие признаки настоящего пути научного прогресса. Выше уже было сказано, что путь этот никогда не прямолинеен, но спирален. И тернистый путь волновой концепции от Декарта до Максвелла с промежуточными ярусами корпускулярной теории света это прекрасно иллюстрирует. Но есть и ещё одно обстоятельство. Как возникали ключевые вехи на этом пути? Безусловно, был детальный анализ и обобщение имеющихся экспериментальных данных в попытке найти им одно общее непротиворечивое объяснение. Но для того, чтобы такой анализ был успешным и породил именно новое знание, нужны три очень важных составляющих. Первая: умение видеть в предложенной концепции (системе уравнений) не только согласие с известными фактами, но и предсказание чего-то нового (как Пуассон). И хорошо, когда это новое представляется, на первый взгляд, противоречащим реальности, ибо экспериментальная проверка именно таких предсказаний становится весомым аргументом в пользу

корректности теории. Последующая история физики уже в XX веке это не раз ярко продемонстрировала. Второй: при наличии двух несовместимых концепций постановочная разработка эксперимента, который один дал бы ответ на вопрос, какие принципиально различающиеся базовые допущения этих концепций верны, а какие ошибочны (работы Араго и Фуко). И третий: способность увидеть в полученном результате то, что не является ожидаемым. Это удалось Максвеллу и стало переломным моментом в развитии теории электромагнетизма, лежащей в основе почти всего. И все эти три составляющие неподвластны никакому искусственному нейросетевому алгоритму.

Вот мы и подошли к анонсированному в начале статьи вспомогательному моменту, ибо основной, что с очевидностью следует из уже сказанного, это *талант исследователя*, как раз и подразумевающий наличие хотя бы одной из трёх перечисленных выше составляющих. А, возможно, и всех вместе. Чем шире эрудиция и кругозор исследователя, чем шире спектр интересующих его вопросов и проблем, тем выше вероятность того, что к определённом моменту времени он окажется тем «идеальным» учёным, в котором гармоничное сочетание всех трёх составляющих даст ему возможность творить, открывая новые грани сущего. В общем, быть тем, кто на современном уровне соответствует образной характеристике М.В. Ломоносова, данной ему А.С. Пушкиным: «Соединяя необыкновенную силу воли с необыкновенною силою понятия, Ломоносов обнял все отрасли просвещения. Жажда науки была сильнейшею страстью сей души, исполненной страстей. Историк, ритор, механик, химик, минералог, художник и стихотворец, он всё испытал и всё проник...»

Ни одна из перечисленных выше составляющих не является результатом простого обобщения имеющегося опыта или знаний. Она требует изобретательности, нетривиальности мышления. А что такое искусственная нейросеть? Это компьютерная программа, организованная иначе, чем привычные большинству алгоритмы,

поскольку нацелена на обработку больших массивов данных, но просто программа. Здесь можно возразить: это уже не просто программа, это имитация архитектуры нейронных цепочек, определяющих работу человеческого мозга, а потому она приближена к тому, что может делать мозг человека. Отчасти, это так. Но! Какой человек? Среднестатистический ребёнок, которому (единственное отличие) доступно значительно больше данных, чем обычному ребёнку. Не хочу никого обидеть, но науку творили не дети и не среднестатистические индивидуумы, а люди, обладавшие уникальным складом ума. Вот это словосочетание (склад ума) мы привычно используем, подчас не задумываясь о том, насколько оно верно отражает суть. Все мы думаем по-разному. И даже одинаковый объём информации обрабатываем по-разному, приходя порой к очень разным выводам. И это не поддаётся никакой алгоритмизации. И не объясняется простыми соображениями различий в воспитании или образовании (которые тоже можно попробовать преобразовать в «цифру»).

Можно ещё вспомнить про генетику. Но с ней тоже не всё так «просто». Да, как правило, выдающийся музыкант не появится в семье людей, абсолютно лишённых слуха и музыкальности. Но сколько есть примеров учёных, которые происходили из семей, где никто никогда ни то что наукой не занимался, вообще не «злоупотреблял» умственным трудом. Возможно, и даже очень вероятно, что аналитические способности у предков были, но одних аналитических способностей и трудолюбия для того, чтобы сделать то, что становится очередным весомым вкладом в формирование научного знания, мало. И расхожее выражение, что «на детях гениев природа отдыхает», тоже чётко отражает суть: не предки определяют способность человека генерировать новое знание, и нельзя эту способность передать по наследству. Значит, не генетика (или не только она). А что же тогда? Нет у нас ответа на этот вопрос. И надеяться на то, что написанная человеком программа сможет сделать больше, чем в неё заложено, несколько наивно. И опасно.

Потому что, конечно, соответствующие алгоритмы достаточно сложны. И что может появиться на выходе при наличии супербольших объёмов обрабатываемой информации, предсказать не просто трудно, а невозможно. В принципе, возможны, какие-то «выбросы» (о них мы еще поговорим дальше). Но проблема в том, что эти «выбросы» могут оказаться как положительными, так и отрицательными. Как и в человеческой среде. Может родиться гений-творец, а может родиться гениальный разрушитель. В последнем случае эпитет «гениальный» выглядит не очень уместным, но в некотором смысле он правомерен, если учитывать, что *genius* – это дух, а дүхи бывают как добрые, так и злые. Так какого джинна (это тоже дух) можно выпустить из бутылки и ради чего, пытаясь переложить на искусственные нейросети то, чем должен заниматься учёный? Именно учёный, а не лаборант. Вот работу лаборанта искусственной нейросети вполне можно, а иногда даже и нужно поручать выполнять. Прodelать массу сходных измерений, собрать информацию по заданной теме. Это можно. Можно ли положиться на обобщение этой информации – это уже более сложный вопрос. А можно ли ожидать от нее генерации нового знания? Точно нет. Почему? Если уже сказанное не убеждает в правоте этого утверждения, то давайте вернёмся к истории физики, теперь уже непосредственно на рубеже XIX и XX веков – к рождению квантовой науки. Она даст ответ на этот вопрос.

Итак, в 1900 году Макс Планк (в докладе Немецкому физическому обществу) допустил существование квантов света для единообразного обобщения данных по плотности излучения в разных спектральных диапазонах, но рассматривал он эти кванты не иначе как математические объекты. Отношение к ним изменил спустя пять лет Альберт Эйнштейн (хотя на принятие этой новой трактовки научным сообществом опять-таки потребовались годы). Он соотнос с этими квантами физическую сущность (частички света), таким образом, объяснив фотоэффект, то есть выбивание электронов из вещества светом, и даже оценил кинетическую энергию выбиваемого

электрона. И эта концепция, кажущаяся нам сейчас вполне «простой», была признана только в 1920-х годах после экспериментов Роберта Милликена, который позже отмечал, что полученный результат «противоречил всем его ожиданиям» (“contrary to all my expectations”) [5]. Вот, кстати, ещё один пример проявления одной из черт истинного учёного.

Но сейчас для нас (и для истории физики) важнее другое. Уйдя от корпускулярной теории света, признав её непригодной для объяснения совокупности всех явлений (дифракции, интерференции, двойного лучепреломления, замедления света в веществе), научное сообщество неожиданно пришло к необходимости её реанимировать. Но как? Точно не в первоначальном виде. Это, конечно, тоже иллюстрирует спиральность развития научного знания, но на этом этапе возникает явное *противоречие*. Есть не просто две разные концепции, которые надо примирить, взяв фрагменты обеих и исключив несогласующиеся элементы. Есть две взаимоисключающие теории света (излучения). И каждая позволяет описать реально наблюдаемые явления (или проявления физической сущности излучения), но разные. Это было что-то новое в истории науки. И на разрешение этого противоречия в физике ушли годы. Но тем показательнее сам процесс, который заслуживает более детального рассмотрения.

Первый шаг сделал сам Эйнштейн, который в своём докладе на конференции немецких физиков в Зальцбурге в 1909 году на примерах иллюстрировал, что два структурных свойства (волновая структура и квантовая структура) не должны рассматриваться как несовместимые (“structural properties (wave structure and quantum structure) ... should not be seen as incompatible”). И так, свет предлагалось рассматривать и как волну, и как частицы. Но одно дело предложить, а другое – реализовать. Как совместить несовместимое? «Синтез» частицы и волны может удовлетворить математиков, пишущих формулы, но остаётся проблемой для физиков, которых не удовлетворяют абстрактные формулы.

Однако кванты оказались нужны не только в теории излучения. С веществом дела обстояли не лучше. После того как Джозефу Джону Томсону удалось экспериментально получить катодные лучи, предложенная им концепция строения вещества казалась вполне рациональной: отрицательно заряженные частички (электроны), как изюминки, распределены в общей положительно заряженной массе (пудинга). И всё было хорошо до тех пор, пока Эрнест Резерфорд с коллегами, изучая рассеяние альфа-частиц (положительно заряженных ядер гелия), на мишени, не зафиксировали (пусть и в очень малом количестве) отражённые назад альфа-частицы. Для того чтобы такое произошло, эти очень малые частицы должны были столкнуться со столь же малыми (иначе вероятность таких событий была бы на порядок больше) и тоже положительно заряженными объектами внутри мишени. Это не просто не согласовывалось с моделью Томсона, это в корне ей противоречило. Два года исследований и размышлений привели Резерфорда (в 1911 году) к его планетарной модели атома, в центре которого расположено очень малое по размерам положительно заряженное ядро, а вокруг движутся электроны, как планеты вокруг Солнца. Но и тут возникала проблема: движущийся по круговой орбите заряд должен излучать, а, следовательно, терять энергию, что неизбежно должно приводить в конце концов к его падению на ядро. Иначе говоря, такая система не может быть устойчивой. Сам Резерфорд, прекрасно это сознавая, но не найдя хорошего объяснения, говорил, что физические основы стабильности такой конструкции ещё подлежат прояснению.

И первая попытка прояснения была сделана Нильсом Бором спустя два года. Он допустил, что у атома есть стационарные орбиты, находясь на которых электроны не излучают энергию, а излучение (или поглощение) происходит при их переходе с одной орбиты на другую. При этом состояние электрона на стационарной орбите можно описать в рамках классической физики. Такой подход позволил получить результаты для атома водорода, очень хорошо согласовавшиеся с экспериментом. Но для многоэлектронных

атомов всё было намного хуже: сложные математические конструкции не давали обнадеживавших результатов и порождали массу нерешаемых проблем, таких как отличие частоты вращения электрона на его орбите от частоты испускаемого излучения. В статье 1923 года, посвященной состояниям атома гелия, Макс Борн и Вернер Гейзенберг констатировали: «Сравнение [теоретических и экспериментальных данных] показывает, что результат нашей работы полностью отрицательный. Более того, последовательный квантово-механический расчёт в проблеме атома гелия ведёт к неверным значениям энергии» [6].

Как следствие, Борн полагал, что для решения существующих проблем нужна новая наука, которую он называл «квантовой механикой» и которая должна была заменить *непрерывность* процессов классической физики *дискретностью* микромира. И эта дискретность возникла в работе Луи де Бройля, который показал, что движение электрона тоже может описываться стационарной волной. Заметим, что де Бройль (как теоретик), в частности, предсказал, что для потока электронов должны наблюдаться типично волновые явления, такие как дифракция и интерференция, что и было успешно подтверждено экспериментально спустя три года. Он же показал, что если длина волны, связанная с движением электрона вокруг ядра, укладывается в длину орбиты целое число раз (что обеспечивает стационарность орбиты), то постулированные Бором квантовые условия получаются автоматически. Так, дуализм волна – частица, возникший первоначально благодаря Планку и Эйнштейну в случае световых волн, оказался зеркально-симметрично распространён и на материю. Но всё это ещё надо было оформить в виде системы математических уравнений в рамках определённого физического подхода.

И именно это долгое время оставалось неразрешимой проблемой. При попытке использовать приёмы классической физики возникали чрезвычайно сложные уравнения, а фигурировали в них по сути ненаблюдаемые характеристики систем, такие как электронные

орбиты с определёнными радиусами и периодами обращения. И заслуга Гейзенберга – в отказе от таких классических построений и переходе к варианту, когда уравнения конструируются по аналогии с классическими (следуя предложенному Бором *принципу соответствия*), но фигурируют в них «принципиально наблюдаемые величины», такие как энергия, частоты излучения или амплитуды вероятности переходов. Собственно, ключевая идея оперировать только наблюдаемыми величинами в то время уже стала доминантной в работах многих физиков (Вольфганг Паули, Хендрик Крамерс, Паскуаль Йордан), но именно Гейзенберг, по замечанию Поля Дирака, нашёл правильный путь, как понять огромное число спектроскопических данных, накопленных к тому времени, и «этим открыл золотой век теоретической физики» [7]. Математически же это открытие оформили независимо Дирак с его системой уравнений и Гейзенберг, Борн и Йордан в рамках матричной механики. А ещё через пару месяцев появилась и работа Эрвина Шрёдингера с его волновой механикой («Квантование как проблема собственных значений»), где состояние электрона в атоме описывали стоячие волны, причём отвечающие только определённым, квантованным, значениям энергии. Не исключено, что решающую роль здесь сыграла как раз диссертация Луи де Бройля: когда Шрёдингер знакомил коллег на научном коллоквиуме с её содержанием, Петер Дебай заметил, что если есть стоячая волна, то должно существовать и определяющее её уравнение.

Заметим, что для подхода Дирака, Борна и Гейзенберга, основанного на матричном представлении, ключевым понятием была *дискретность* состояний, а уравнения Шрёдингера определяли (*непрерывные*) волны. И эти два, казалось бы, на первый взгляд, совершенно несовместимые подхода (авторы которых были принципиально не согласны друг с другом, особенно авторы матричной механики) описывали одни и те же явления, давали одинаковые результаты, совпадающие с экспериментом! Парадокс? Нет, только видимый парадокс. С одной (физической) стороны,

дискретность и непрерывность на данном этапе развития науки уже надо было как-то примирить между собой (объединить), ведь корпускулярно-волновой дуализм был выявлен экспериментально (электроны, протоны, фотоны в зависимости от организации эксперимента либо проявляли типично волновые свойства, либо вели себя как типичные материальные объекты); и на феноменологическом уровне он уже оказался «рабочим инструментом» в теории как излучения, так и материи. С другой (математической) стороны, матрицы (как говорил авторам матричной механики великий математик Давид Гильберт ещё до публикации работ Шрёдингера) возникают при поиске собственных значений краевых задач для дифференциального уравнения. Поэтому, «если поискать дифференциальное уравнение, для которого характерны [такие] матрицы, то можно, наверно, узнать больше о них» [8]. Но это сегодня нам кажется почти очевидным. А авторы матричной механики сами лишь недавно познакомились с матрицами, поскольку большинству физиков (даже теоретиков) они были не нужны. Это (формальное матричное представление) в сочетании с непонятными в рамках классической физики скачками между состояниями и привело к неприятию матричной механики очень многими физиками-экспериментаторами, включая Нобелевских лауреатов (таких как Вильгельм Вин).

Подходы же волновой и матричной механики по сути были эквивалентны, но построены с использованием разных математических инструментов, что первым заметил Паули. Тем не менее, в те годы даже сами авторы подходов не всегда осознавали, какими могут оказаться результаты применения их метода. Так, Шрёдингер полагал, что в природе царит исключительно непрерывность, свойственная классической механике, а потому никаких скачкообразных изменений состояний (которые так естественно возникали в матричной механике) нет, хотя ныне мы вполне хорошо предсказываем «величины» тех самых скачков, опираясь на получаемые при решении уравнения Шрёдингера оценки

энергии стационарных состояний систем. Гейзенберг вообще считал, что Шрёдингер «выбрасывает за борт всё "квантовомеханическое", а именно фотоэффект, франковские столкновения атомов и электронов, эффект Штерна–Герлаха и т. д...» [9]. Но, опять-таки спустя годы, стало ясно, что все эти эффекты можно описать в рамках волновой механики, разве что в нерелятивистском варианте со спином возникают проблемы, но и они решаемы, если просто постулировать наличие ещё одной (четвёртой) переменной у функции, описывающей состояние отдельного электрона, и ввести связанные со спином дополнительные ограничения (запрет Паули).

Хорошо, математические подходы ещё можно примирить между собой, показав их эквивалентность, но что делать с физикой? Ведь вся физика до того момента была исключительно основана на опыте, что представляется вполне правильным. И в уравнениях, используемых в классической физике, фигурировали исключительно динамические характеристики реальных систем, которые можно было измерить непосредственно или оценить косвенно. А на новом витке научного познания были предложены уравнения, кардинально иного типа: либо в них фигурировали операторы вместо привычных динамических переменных, либо они были сформулированы относительно амплитуд вероятностей процессов. И в том и в другом варианте не было ничего, примиряющего в физическом плане два кардинально различных представления об изучаемых объектах (электронах, ядрах, фотонах): что же они такое, если и волны, и частицы одновременно?

При этом Шрёдингер не считал это важной проблемой и полагал, что достаточно ограничиться применением концепции волн материи. Авторы же матричной механики, признавая, что математический аппарат Шрёдингера очень хорош и удобен, полагали такую интерпретацию ошибочной. Например, Шрёдингер первоначально соотносил с волновой функцией электрона пространственное распределение его заряда, затем рассматривал электрон как волновой пакет (то есть суперпозицию большого числа волн), но любой вариант приводил (математически) к расползанию

электрона (волнового пакета) по всему пространству (как показал Гейзенберг), что не согласовывалось с локализацией реальных электронов в небольших областях этого пространства. Эту проблему разрешил Борн, предложив *вероятностную трактовку* волновой функции: квадрат волновой функции должен определять не плотность заряда, а плотность вероятности обнаружить заряд в окрестности соответствующей точки пространства. Так возник «вероятностный» мостик от одной теории к другой, а вероятностный подход постепенно стал основным при трактовке уравнений волновой механики. (Немного позже Дирак и Йордан сформулировали теорию преобразований, которая соединила воедино матричную и волновую механику.) Это стало очередным нетривиальным концептуальным шагом на пути формирования новой физики микромира. Очередным, но не последним.

Примечательно, что авторов матричной и волновой механики, при всех их разногласиях и неприятии подходов друг друга, объединяло одно: они полагали, что если результаты их математических моделей удовлетворительно и даже хорошо согласуются с измерениями, то этого вполне достаточно. Такое положение вещей не устраивало Паули: он справедливо полагал, что формализм – это ещё не физическая теория и что нужно найти «физическое ядро» новой науки. Не устраивало это и Бора. В последнем случае причину хорошо охарактеризовал Гейзенберг: «Бор был человеком, который действительно хотел во всём достичь последней степени ясности. Он никогда не останавливался на полпути... Бор будет исследовать предмет до конца, пока не упрётся в стену... Никто так глубоко не думал о проблемах квантовой теории, как Нильс Бор» [9]. Заметим, что, если бы не Гейзенберг, у Бора не было бы коллеги-оппонента, с которым можно было бы столь долго, детально, затрагивая все мыслимые аспекты, обсуждать концептуально-феноменологические основы новых представлений физики о микромире. И в итоге оба пришли каждый к своему варианту решения проблемы. Бор сформулировал свой *принцип*

дополнительности, а Гейзенберг – принцип (соотношение) неопределённостей. Один был в большей степени обусловлен желанием (и необходимостью) примирить теорию и эксперимент, а другой – определить границы такого примирения.

Согласно Бору, дилемма относительно свойств электронов и фотонов предопределялась противоречием (волна или частица?), которое обнаруживалось при сравнении результатов наблюдения над атомным объектом, получаемых с помощью различных экспериментальных установок. Иначе говоря, дополнительные понятия (волна и частица) противоречили одно другому, но это было обусловлено нечёткостью концепции наблюдения, а потому не должно было вести к логическим противоречиям. Собственно, о нечёткости или неточности говорил и Гейзенберг: он полагал, что «истинный смысл постоянной Планка  $h$  [в полученном им соотношении неопределённостей  $\Delta q \Delta p$ ] состоит в том, что она даёт универсальный масштаб индетерминизма, внутренне присущего законам природы, поскольку он обусловлен дуализмом волна – частица». При этом, согласно Бору, «взяв атомную систему в сочетании с приборами, классическое описание которых различно, можно измерить дополнительные переменные, а выразив результаты этих измерений в классических терминах, можно описать атомную систему с помощью дополнительных классических образов». И термин дополнительность удобен, поскольку подчёркивает «то обстоятельство, что в противоречащих друг другу явлениях мы имеем дело с различными, но одинаково существенными аспектами единого чётко определённого комплекса сведений об объектах» [10].

Принцип дополнительности вместе с принципом неопределённостей стали не просто формальным декларативным объединением корпускулярного и волнового представления о базовых элементах материи и излучения. Они явили собой очень показательное воплощение (в строгой научной практике) ключевого метода *диалектики*. Диалектика (*διαλεκτική*) – это искусство вести рассуждение, исследуя *противоречия* или связывая противоположные

стороны. Диалог как способ постижения истины путём постановки наводящих вопросов и методичных ответов на них рассматривал ещё Сократ. У Платона диалоги уже не просто были нацелены на выявление истины (как более корректного из предлагаемых представлений), а стали инструментом эволюции представлений от более простых к более сложным, когда формулировка новых взглядов первоначально порождала сомнение или опровержение, которые затем позволяли выявить новый уровень знания (приблизиться к истине). Гегель же заменил скептицизм (как базовый элемент дискуссии) логикой и чётко выделил три её составляющих (три момента): первый – момент рассудочности, или определённости; второй – диалектический, или отрицательно разумный момент нестабильности («отмена и сохранение» превращает первоначальное определение в его противоположность); и третий – спекулятивный, или положительно разумный (единство противоположностей вместо *reductio ad absurdum*). В упрощенном виде это часто представляют цепочкой: тезис – антитезис – синтез.

И именно эта схема описывает всю череду открытий, сомнений и интерпретаций, сформировавших базис квантовой науки. Первоначально была классическая физика, в рамках которой экспериментально наблюдали новые явления (и проявления) природы: рентгеновские лучи, катодные лучи (электроны), альфа-частицы. И всё было «хорошо», пока не обнаружилась дифракция расщепленного потока частиц, фотоэффект и многое другое, не очень совместимое с «предыдущей физикой». Возникла нестабильность научной конструкции: частицы начали вести себя, как волны, а волны, как потоки частиц, то есть превращались в «свои противоположности». Благодаря усилиям математиков и физиков-теоретиков это удалось охарактеризовать с помощью различных математических инструментов, которые постепенно были объединены в один универсальный подход. И такое же «объединение» в плане физической интерпретации (или восприятия) микромира (в виде совместных принципа дополнительности Бора и принципа

неопределённостей Гейзенберга) увенчало базу квантовой науки к концу 20-х годов XX века. Новое знание оказалось сочетающим в себе «противоположности», ни одна из которых не была отброшена. Напротив, эти противоположности как части единого целого были соединены вместе.

Венец научного творения? Борн и Гейзенберг в своём совместном докладе на 5-м Сольвеевском конгрессе (в 1927 году) полагали именно так: «Мы утверждаем, что квантовая механика является полной теорией, а её основные физические и математические гипотезы более не нуждаются в модификации» [11]. Той же точки зрения придерживался и Паули, который в письме Борну (предложившему использовать вероятностный подход, присущий матричной механике, при интерпретации волновых уравнений и, тем самым, тоже внёсшему лепту в логическое объединение противоположностей) говорил следующее: «я уверен, что статистический характер  $\psi$ -функции (а таким образом, и законов природы), который Вы с самого начала усиленно подчёркивали..., будет определять стиль законов в течение, по крайней мере, нескольких столетий». Сегодня мы можем констатировать, что одно столетие точно прошло в соответствии с предложенными тогда принципами. Что будет дальше? Это определит ход развития науки. И каким он будет – зависит от нас. Какие же выводы мы можем сделать на основании (столь кратко пересказанной) истории становления квантовой науки?

Прежде всего, ещё раз подчеркнем нетривиальность мышления тех, кто ставил эксперименты и предлагал теоретические модели. Не было бы ключевых экспериментов, выявлявших новые «стороны» существования и поведения частиц материи и излучения, не было ничего. Пищу для размышлений и самим авторам экспериментов, и теоретикам даёт только опыт с его нетривиальными и неожиданными результатами. Рутинные исследования в рамках отработанных схем тоже нужны для уточнения информации, расширения круга характеризуемых объектов – всего того, что делает

наши представления о веществах в различных физических состояниях и сочетаниях более корректными и пригодными для использования в определённых прикладных целях. Но заставить задуматься о чём-то новом может только выявивший это новое эксперимент. И часто бывает так, что, допустив случайную ошибку при постановке эксперимента или (вроде бы) незначительно изменив его условия, экспериментатор получает нечто не ожидаемое. И вот тут главное понять: а этот неожиданный результат (не укладывающийся в предполагаемую зависимость выброс) просто говорит о некорректности эксперимента или отражает то, чего ранее никто не предполагал. Чтобы понять, надо уметь нетривиально мыслить, – что подвластно далеко не каждому учёному, и совсем не подвластно никакой нейросети, которая и эксперимент-то сама поставить не может. Но даже обнаружение нового эффекта или свойства – это только начало пути научного осмысления соответствующего явления. И отнюдь не всегда, что особенно хорошо выявила пересказанная выше история, экспериментатор может предложить хорошее объяснение обнаруженного явления.

Что оказалось залогом успеха «научной революции» в физике в начале XX века? Уникальное сочетание опыта блестящих физиков-экспериментаторов, смелости молодых теоретиков и широчайшей эрудиции их старших коллег. Действительно, не будь работ Луиса Пашена, Теодора Лаймана, Иоганна Бальмера, Джозефа Томсона, Эрнеста Резерфорда, Уильяма Брэгга, Вильгельма Рёнтгена, Чарльза Вильсона, Питера Зеемана, Вальтера Нернста и других, не было бы материала для размышлений. И, что главное, это были не просто эксперименты, в ходе которых обнаружили какой-то эффект и с некоторой точностью его оценили. Результаты этих экспериментов были настолько точны, что не только 100 лет назад позволяли проверять аккуратность предсказаний математических моделей, но и по сей день служат источником информации о строении атома и свойствах излучения.

Но, как мы уже отмечали, большинству самих физиков-экспериментаторов (возможно, Резерфорд был одним из немногих исключений) в любую эпоху свойствен некоторый консерватизм и скептицизм. Консерватизм в плане приверженности существующим концепциям: как большинство специалистов в области механики были не готовы принять волновую природу излучения, так и большинство физиков на рубеже XIX–XX веков не были склонны отказываться ни от непрерывности классической физики (в пользу дискретности), ни от её детерминизма (в пользу вероятностного описания). Правы ли они были – это по-прежнему вопрос. Возможно, следующие витки нашей спирали познания обнаружат, что в чём-то они были правы, и вновь надо корректировать наши представления о физическом мире. Но на том этапе «прокрустово ложе» классической физики точно подлежало модификации.

Скептицизм же экспериментаторов был вполне обоснован. Новые модели и умозрительные конструкции предлагали в качестве аргументов то, что можно было объяснить и с позиций особенности экспериментальных измерений. Так, невозможность точно определить положение электрона при использовании потока сталкивающихся с ним фотонов была, действительно, предопределена не только неупругостью столкновения, но и чисто аппаратными характеристиками, такими как апертура, фокусировка луча. И физики-экспериментаторы, такие как Вильгельм Вин, полагали это вполне очевидным. А молодые теоретики (Дирак, Гейзенберг, Йордан, Паули были практически ровесниками XX века), которые не были знакомы со всеми тонкостями экспериментальных установок (за что Гейзенберг на выпускном экзамене получил у Вина «тройку») и не задумывались об этих аспектах, будучи сосредоточены на своих математических моделях. Хорошо ли это? Очень сложный вопрос. Будь они столь же опытные в эксперименте, возможно, в их головах и не родилось то, что предопределило дальнейшее развитие физической науки в XX веке. Но одновременно нужен был и «самоконтроль». И, к счастью, он был. Так, Паули всегда

подчёркивал, что сначала надо решить проблемы физики и только потом подбирать подходящий математический аппарат. И спустя сорок лет Гейзенберг приблизительно так трактовал это: «Мы находимся в самом начале интересного развития в физике. Вполне вероятно, что проблемы физики могут быть сейчас решены. Но если мы начнём слишком рано заниматься математическими доказательствами, идеей математических доказательств, то мы имеем хороший шанс разрушить всё это. Потому что тогда мы имеем шанс бессознательно допустить некоторые математические аксиомы, которые на самом деле не выполняются, и, следовательно, они опять приведут к противоречиям и трудностям» [12].

Итак, было уникальное сочетание зрелого опыта и (в некоторой степени) авантюризма и максимализма хорошо теоретически подготовленной молодости, не ограниченной рамками точного эксперимента и ещё не успевшей «увязнуть в трясине» существующих концепций. И над всем этим было ещё наличие тех представителей старшего поколения, которые были действительно признанными уникальными эрудитами во многих областях физики, таких как Вальтер Нернст, Макс Планк, Хендрик Лоренц. Ведь если бы не познакомились почти случайно Вальтер Нернст с Эрнестом Сольве, не возникла бы идея организации международной конференции, на которой ведущие физики того времени могли бы обсудить наиболее актуальные проблемы. И бессменным президентом Сольвеевских конгрессов стал энциклопедически образованный Хендрик Лоренц, который после первой конференции в 1911 году в Брюсселе предложил Сольве организовать специальный фонд, названный «Международным Сольвеевским Институтом Физики», для организации следующих конгрессов на протяжении, по меньшей мере, 30 лет.

Кстати, благодаря тому, что физик-экспериментатор Морис де Бройль, будучи секретарем первого Сольвеевского конгресса, посвящённого квантовой гипотезе Планка, познакомил с его трудами младшего брата Луи, последний уже через 13 лет представил

диссертацию «Исследования по теории квантов», в которой обосновывал возможность рассматривать движущиеся частицы как волны материи. А его работа (как было отмечено выше) подтолкнула и Шрёдингера, и Гейзенберга к определенным размышлениям, в итоге вылившимся в матричную и волновую формулировки квантовой механики. Так, уже первый Сольвеевский конгресс выполнил роль «промотора» в разработке новой концепции физики микромира.

И несмотря на сложности, привнесённые в мир науки первой мировой войной, и последующий бойкот, объявленный немецким физикам, уже пятый Сольвеевский конгресс, наконец вновь объединивший всех ведущих физиков, стал кульминацией в обсуждении и формулировании основ новой квантовой науки. В одном из приглашений принять участие в этом конгрессе, Лоренц, в частности, указывал: «...Тема для наших дискуссий выбрана следующая: "Квантовая теория и классические теории излучения", и мы будем заниматься в особенности противоречиями между сегодняшними и более ранними концепциями и опытами по развитию новой механики». Вообще, идею содержательных встреч учёных с возможностью серьёзно и глубоко обсуждать интересующие всех проблемы и назревшие противоречия трудно переоценить. Сложно предложить что-то более плодотворное и полезное для науки. Встречи не для «галочки», саморекламы или заимствования чужих идей, а именно для совместного обсуждения критически важных для науки (а, значит, и человечества) вопросов с целью выработки общей концепции, по возможности устраняющей противоречия (основа диалектики), – это ныне почти недостижимый идеал, о котором остаётся только мечтать. Но мечтать надо, потому что настоящей науки без этого быть не может.

Но вернёмся к основной теме нашего анализа. Уже понятно, сколь много факторов, не поддающихся никакому «программированию», предопределяют ключевые переломные моменты (растянутые на десятилетия) в истории научного знания. Но и это еще не всё. Очень часто возникновению новых идей или

решений способствует смена обстановки – отъезд из города (и университета) в какое-нибудь относительно тихое место с красивой (притягивающей внимание и мысли) природой. Так, летом 1925 года Вернеру Гейзенбергу пришлось по совету врача уехать на две недели из Геттингена, где он работал у Макса Борна, из-за приступа сенной лихорадки (аллергии). Уехал он на остров Гельголанд в Северном море. И так вспоминал об этом: «Моя комната находилась на втором этаже дома, расположенного высоко на южном берегу этого скалистого острова так, что из окон открывался великолепный вид на нижнюю часть города, лежащие за ним дюны и море. Сидя на балконе, я не раз имел повод задуматься над замечанием Бора о том, что при взгляде на море человек словно впитывает крупицу бесконечности» [6]. Там он не только восстановился физически, но и смог, наконец, решить волновавшую всех научную проблему. Это было время, когда модель Резерфорда-Бора была признана не способной дать удовлетворительное описание многоэлектронных систем, когда Луи де Бройль уже сформулировал концепцию волн материи, а Борн предложил заменить идею непрерывности процессов классической физики дискретностью микромира. Но по-прежнему не было ни одной хорошей математической модели, а имевшиеся были слишком сложны и неработоспособны. И именно на Гельголанде Гейзенберг окончательно понял, что надо отказаться от орбит электронов как объектов описания и перейти к «исключительно наблюдаемым» характеристикам, таким как частоты колебаний и амплитуды интенсивности. Это, как мы уже говорили ранее, стало ключевым шагом в формулировании математической концепции новой, квантовой физики. И ныне это даже увековечено в камне: в июне 2000 года на Гельголанде был открыт памятный камень в честь 75-летия со дня озарения Гейзенберга. На бронзовой пластине, укрепленной на камне, выбиты такие слова: «В июне года 1925-го здесь на Гельголанде 23-летнему Вернеру Гейзенбергу удался прорыв в формулировании квантовой механики, основополагающей теории научных законов атомарного мира, которая радикально повлияла на

представление человека о физике» [6]. Это хорошее напоминание человечеству, что не машины, компьютеры и небоскрёбы способствуют развитию научной мысли (и, таким образом, прогрессивному развитию человечества), а сама *природа!* Кстати, и Бор сформулировал свой принцип дополнительности лишь тогда, когда, утомлённый дискуссиями о неразрешимых нестыковках в новых формулировках квантовой механики, взял отпуск и уехал почти на месяц в Норвегию.

Удивительно? Отнюдь нет, ибо именно природа ставит перед нами всё новые загадки по мере того, как мы погружаемся в её неизведанные глубины. Именно природа служит для нас источником информации о том, как можно сделать то или иное: это особенно ярко проявилось в последние десятилетия, когда человек начал целенаправленно копировать природу на микро- и даже наноуровне. А потому именно природа и подсказывает нам, людям, решение волнующих физических проблем. Надо только уметь видеть и слышать.

И вот тут мы подходим к вопросу, что может дать нам не сама природа, а имитирующие её до некоторой степени искусственные нейросети? Каковы вообще их возможности? Давайте начнём с того, что вся эта область по существу основана на больших языковых моделях (Large Language Models, LLM), которые после обучения на больших массивах данных уже могут решать некоторые задачи. Как решать? В рамках заложенных алгоритмов. Алгоритмов, написанных людьми. Апологеты нейросетевых алгоритмов говорят о возможности постепенного дообучения и прогресса этих моделей, так что в итоге они станут «умнее» их создателей. Но! Программа может совершенствоваться только в рамках заложенного в неё алгоритма. И даже компьютерная имитация эволюционного процесса оказывается невозможной без заложенных в алгоритм дополнительных (направляющих) условий. Поскольку человек по-прежнему не знает точно, как происходил этот процесс, написанная человеком программа (без дополнительных условий) никогда не сможет его симитировать. Значит, для

получения «нужного» результата надо добавить условия, направляющие процесс в «нужном» направлении (его-то мы знаем – по результатам). Итак, всё, с чем мы имеем дело в случае компьютерных программ, – продукт человеческого ума. Такого, каков он в данный момент.

Например, программист, специалист в области компьютерной симуляции эволюции и интеллектуального проектирования Уинстон Эверт [13] выделяет в умственной деятельности человека две составляющие: объективное сознание (*phenomenal consciousness*) и решающее проблемы познание (*problem-solving cognition*). В первую он включает всё познаваемое человеком на собственном опыте (через осязание, обоняние, слух, зрение) и сопровождаемое эмоциональным откликом. Вторая же подразумевает поиск решения, основанного на приобретённой информации. И справедливо замечает, что попытки свести сознание к вычислениям по сути предполагают возможность редуцировать его до математических уравнений. Но «он вполне уверен, что квадратичная формула не является мыслящей», как и любое абстрактное понятие в вычислениях. Ведь любой алгоритм – это пошаговая процедура, или набор условий, следование которым не подразумевает никакую творческую составляющую. И первые «компьютеры» во времена первых атомных проектов или первых космических миссий (как очень точно указывает Эверт) представляли собой большое количество специально нанятых людей, которые должны были выполнять большое число вычислений по заданным схемам. Затем их заменили машины.

А в компьютерных вычислениях одной из ключевых является проблема остановки (*halting problem*), суть которой следующая: если есть готовый алгоритм, то, можно ли следуя ему, прийти к некоторому финалу, или процедура будет выполняться бесконечно? Собственно, финал означает наличие решения проблемы. И даже если полагать, что любую проблему в области познания можно переформулировать как задачу остановки, следует учитывать, что одна из фундаментальных теорем в области теоретической компьютерной науки, сформули-

рованная и доказанная Аланом Тьюрингом ещё в 1936 году, гласит: проблема остановки неразрешима на машине Тьюринга (абстрактной математической модели вычислений), или, иначе говоря, не существует алгоритма, который мог бы решить все задачи остановки.

При этом, с одной стороны, даже если согласиться с тем, что решающее проблемы познание во многом может быть алгоритмизовано, то лежащее в его основе объективное сознание точно не может быть сведено ни к формулам, ни к алгоритмам [14]. Это означает, что познавательная составляющая зависит от иных, не алгоритмизируемых составляющих. С другой стороны, «алгоритм может создать только такой алгоритм, который будет менее сложен, чем он сам». И это приложимо как к человеку, так и к написанной им программе. Программы, включая нейросетевые алгоритмы, устроены заметно проще, чем человеческий мозг; а возможные «вторичные» продукты, то есть генерируемые этими нейросетями коды, будут проще их собственной архитектуры. Иначе говоря, любой детектор остановки может только определить, является ли корректным менее сложно устроенный детектор остановки. Последнее означает, что решаемые любым алгоритмом (в том числе, искусственной нейросетью) задачи проще той задачи, решение которой лежало в основе создания данного алгоритма. Значит, концепция сингулярности, или идея о том, что постепенно будет происходить самообучение или самосовершенствование нейросетевых приложений (когда предыдущее поколение сможет создать следующее, более сложное и «умное», которое в конечном итоге превзойдёт человеческие способности и возможности), в корне неверна. Прогресс возможен только в том смысле, что человек будет постепенно создавать всё более сложные алгоритмы, которые будут приближаться по возможностям к его собственным, но не превосходить их. И этим алгоритмам будет по силам только решение задач того же класса, который был использован при обучении соответствующего алгоритма. Ничего нового «изобретено» быть не может.

Что же могут современные искусственные нейросети? В целом большие языковые модели в настоящее время демонстрируют непо-

хие возможности в разных областях, включая как лингвистические приложения (обработка текстов, ведение диалогов, решение некоторых творческих задач), так и компьютерно-математические (включая генерацию программных кодов). Но остаётся вопрос, насколько они способны к действительно разумной аргументации, или всё сводится к вероятностному выбору из подходящих шаблонов. Известно, что небольшие вариации в постановке задачи, решаемой в рамках одной и той же логической схемы, могут приводить к радикальным изменениям в предлагаемых ответах. И чем больше признаков указано в постановочной части и чем больше шагов требуется для формулирования ответа (решения), тем ниже точность и надёжность ответа. Для иллюстрации этой проблемы исследователи из Apple [15] специально создали модифицированную базу GSM-Symbolic, расширив возможности формирования заданий по сравнению со стандартно используемой версией GSM8K благодаря использованию символьных шаблонов. Заметим, кстати, что GSM8K (Grade School Math 8K), используемая для тестирования различных LLM разработок, – это база данных, основанная на математических задачах школьного уровня, требующих для своего решения знания лишь основных четырёх математических операций. Наиболее интересными оказались результаты, получаемые при добавлении в постановочную часть задачи «лишней» (легко отфильтровываемой при логическом анализе) информации. В этом случае показатели работы всех новейших моделей кардинально снижались (с изменениями до 65 %). И, по аргументированному мнению авторов, причина в том, что «рассуждения» моделей основаны не на формальной логике (когда предпринимаемые логические шаги ведут к новому результату), а на переборе шаблонов (то есть выборе из имеющихся вариантов, не подразумевающим новизны) без концептуального понимания проблемы. Очень показательны приведенные в работе примеры.

*Задача 1.* «Оливер собирает 44 киви в пятницу. Затем он собирает 58 киви в субботу. А в воскресенье он собирает вдвое большее число киви в сравнении с тем, что было в пятницу, но пять из них не-

много меньше остальных. Сколько киви есть у Оливера?» Все модели «констатировали» количество киви, собранных в каждый из дней, затем корректировали оценку для воскресенья ( $88 - 5 = 83$ ) и приходили к суммарному числу киви, равному 185 (вместо 190). Аналогично при решении задачи, где указана вариация в цене, не имеющая отношения к существу вопроса, она оказывалась учтённой в финальном ответе.

*Задача 2.* «Лиэм покупает 24 ластика, которые сейчас стоят \$6.75 каждый, 10 записных книжек, каждая из которых сейчас стоит \$11.0, и упаковку высококачественной бумаги, которая сейчас стоит \$19. Сколько должен заплатить Лиэм, зная, что из-за инфляции цены были на 10 % ниже в прошлом году?» Как уже можно догадаться, модели рассчитывали прошлогодние цены (90 % от нынешних), умножали их на количество приобретаемых товаров, суммировали и «закономерно» получали \$261.90 (вместо \$291).

А это ведь простейшие задачи, которые под силу решить даже ученику младших (не выпускных!) классов (освоившему сложение и умножение – числа можно скорректировать до целых). И кто-то полагает, что подобные модели могут генерировать новое знание? Очевидно, нет. Всё, что они могут, – это «просматривая» большие массивы информации, выбирать из них то, что совпадает с базовым запросом. Даже работа секретаря-референта подразумевает ещё и анализ, и «сортировку» материала в соответствии с его релевантностью, значимостью и надёжностью.

Так, в чём же преимущество этих моделей? В том, что они могут проделать работу референта на много порядков быстрее. Ведь референту самому приходится искать информацию в разных источниках, а для нейросетевой модели уже создали широчайшую информационную базу (трудом множества людей на протяжении очень продолжительного времени), из которой путём сопоставления шаблонов можно извлекать нужные данные. Таким образом, помощниками референтов эти модели могут быть. Но лишь на предварительной стадии поиска нужной информации. Её систематизация уже вызывает серьёзные вопросы, а критический анализ вообще рассматривать не приходится.

Однако даже на стадии поиска информации могут возникнуть проблемы. Дело в том, что объёмы данных уже настолько велики, что требуется их сжатие. Наподобие того, как для уменьшения объёма файла, содержащего графическую информацию (рисунок), можно понизить разрешение изображения. Снижение разрешения – это, по сути, исключение части точек (пикселей). Но если тогда, когда требуется обратное увеличение разрешения, можно попробовать использовать плавное (градиентное) изменение цвета между имеющимися соседними точками, то в случае с текстовой информацией трудно предложить «градиентное» восстановление ранее исключённой информации. И методы «заполнения пробелов» приводят к тому, что именуют «галлюцинациями» нейросетей, когда пробелы заполняются нерелевантной или вообще абсурдной информацией. Вот это и называют «творческой» составляющей. Некоторые выдающиеся физики, такие как Роберт Вуд, в качестве эксперимента пробовали и галлюциногены, но не тогда, когда им надо было ставить точный физический эксперимент или находить объяснение обнаруженному в эксперименте эффекту. «Галлюциногенность» нейросетей пытаются регулировать корректировкой такого параметра, как температура, которая контролирует распределение вероятностей (то есть настраивает баланс между базой и «творческими» дополнениями), и путем дробления задачи на отдельные шаги, причём на нескольких путях, имитируя мыслительное дерево. Но, как уже было отмечено, при отклонении запроса от стандартного увеличение числа шагов только снижает достоверность и устойчивость ответа. А наличие информационного шума делает ответ неверным и подчас абсурдным. Что даёт нам лишний повод напомнить о том, что структурный анализ, на котором основана работа нейросетевых алгоритмов, в корне отличен от анализа семантического, то есть смыслового.

Кажется, уже можно подводить итоги. Научный прогресс, то есть генерация нового знания, приближающего нас к пониманию того, как всё устроено в этом мире, как показывает анализ «квантовой революции» в физике, возникает тогда, когда оказываются выполнены не-

скольких совершенно необходимых условий. Прежде всего, это появление новой точной (скрупулёзно проверенной) экспериментальной информации, которая не укладывается в рамки существующих концепций. И не просто не может быть описана имеющимися уравнениями из-за появляющихся отклонений (которые можно устранить, слегка скорректировав модель), а противоречит общепринятой трактовке или настолько далеко отклоняется от её предсказаний, что никакая корректировка не помогает. Именно противоречия – движущие силы развития не только бытия, духа и истории (как полагали классические философы), но и науки! Во-вторых, должны быть те, кто в состоянии разрешить возникшие противоречия. Часто для этого нужно, с одной стороны, иметь хорошую научную подготовку (то есть знать и понимать существующие теоретические концепции и базовые принципы тех физических экспериментов, которые дают новые результаты), а с другой стороны, не быть безапелляционным апологетом и сторонником каких-то моделей. Нужна определённая гибкость ума и фантазия, позволяющая выйти за рамки общепринятого, чтобы найти что-то новое. Зачастую подталкивает к построению новых конструкций сама природа – надо только уметь видеть и слышать её, как уже было отмечено. Никакие искусственные нейросети в этом не помогут. Единственное полезное, что они могут сделать, – это «собрать» материалы по чётко сформулированному запросу. Эти материалы, безусловно, могут помочь исследователю в его поисках решения возникшего противоречия. Но искать должен он сам. Помня, что ни одна теория не является совершенной и законченной. Рано или поздно появятся данные, которые ей не под силу объяснить или которые вообще ей противоречат. И в этот момент главное не пытаться «втиснуть» их в прокрустово ложе существующей теории. А понимать, что наконец наступил момент, когда начнёт формироваться новый виток спирали нашего научного познания мира.

И в заключение приведём очень поучительный исторический пример. Как мы помним, по сути, пересмотр концепций классической физики начался благодаря гипотезе Планка о квантах излучения (пер-

воначально даже не физических, а лишь математических). А за четверть века до того ему, тогда ещё студенту Мюнхенского университета, профессор Филипп фон Жолли (глава отделения физики) в ответ на просьбу записать Планка на курс теоретической физики, сказал приблизительно следующее: «Молодой человек! Зачем вы хотите испортить себе жизнь, ведь физика как наука в основном завершена. Осталось прояснить несколько несущественных неясных мест. Стоит ли браться за такое бесперспективное дело?!» [16]. И такого рода примеров, когда классики физики полагали, что в целом всё уже понятно и сведено в согласованную картину мира и остаётся лишь пара нестыковок, которые легко удастся разрешить, очень немало. К счастью, всегда были такие люди, как Макс Планк, которые вопреки всему желали заглянуть глубже в «природу вещей». И именно благодаря им наука постепенно расширяла и расширяет свои границы, приближая нас к пониманию устройства мира. И никакие алгоритмы как продукт человеческого ума, причём склонного к алгоритмизации, а не к поиску и разрешению противоречий (в этом отличие хороших программистов от великих учёных), никогда не помогут в этом.

И задача любого образования, особенно высшего естественнонаучного, – так учить студентов, чтобы, располагая хорошо систематизированной информацией о существующих фактах, методах их получения и теориях, их объясняющих, они были способны критически анализировать все эти составляющие и уметь обоснованно сомневаться. Это главное условие научного прогресса, основным индикатором которого является не коммерческая ценность изобретений, а постепенное продвижение к полноценному пониманию природы всех явлений окружающего мира и созданию действительно природоподобных, а не «зелёных» технологий, приносящих всё больший вред окружающей среде. Задача науки – сохранить планету во всём её многообразии, поняв механизмы, заложенные в её основе, и создав технологии, не разрушающие природный баланс, а согласованные с ним.

Правильно утверждает Великая Университетская Хартия, что именно университеты «должны передать будущим поколениям образование и навыки, которые научат их, а через них и всех остальных, уважать великую гармонию окружающего их мира и самой жизни» [17].

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Huyghens C.* «Traité de la lumière», 1690, reprinted and available at <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5659616j/f4.image>.

2. *Fresnel A.* «Mémoire sur la diffraction de la lumière», 1818, available at [www.academie-sciences.fr/.../Fresnel/Fresnel.../Mem1818\\_p339.pdf](http://www.academie-sciences.fr/.../Fresnel/Fresnel.../Mem1818_p339.pdf).

3. *Foucault L.* «Méthode générale pour mesurer la vitesse de la lumière dans l'air et les milieux transparents. Vitesses relatives de la lumière dans l'air et dans l'eau. Projet d'expérience sur la vitesse de propagation du calorique rayonnant», C. r. hebd. séances Acad. sci. Paris XXX (1850) 551.

4. *Aspect A.* «From Huygens' waves to Einstein's photons: Weird light». *Comptes Rendus. Physique*, 2017, vol. 18, no. 9–10, pp. 498–503.

5. *Millikan R.A.* «Albert Einstein on his seventieth birthday», *Rev. Mod. Phys.* 21 (1949) 343.

6. *Беркович Е.* Эпизоды «революции вундеркиндов». Эпизод третий. Озарение на Гельголанде // *Наука и жизнь*. 2018. № 12. С. 52. – URL: <https://www.nkj.ru/archive/articles/34996/> и ссылки внутри.

7. *Е. Беркович.* Эпизоды «революции вундеркиндов». Эпизод пятый. Работа трёх // *Наука и жизнь*. 2019. № 2. С. 48. – URL: <https://www.nkj.ru/archive/articles/35506/> и ссылки внутри.

8. *Беркович Е.* Эпизоды «революции вундеркиндов». Эпизод седьмой. «Мне более других нравится подход Шрёдингера» // *Наука и жизнь*. 2019. № 4. С. 46. – URL: <https://www.nkj.ru/archive/articles/35894/> и ссылки внутри.

9. *Беркович Е.* Эпизоды «революции вундеркиндов». Эпизод восьмой. Волны против матриц // *Наука и жизнь*. 2019. № 5. С. 60. – URL: <https://www.nkj.ru/archive/articles/36161/> и ссылки внутри.

10. *Бор Н.* Избранные научные труды. Статьи 1925-1961 гг. Том 2. – М.: Наука, 1971. С. 393.

11. *Беркович Е.* Эпизоды «революции вундеркиндов». Эпизод одиннадцатый. Пятый Сольвеевский конгресс // *Наука и жизнь*. 2019. № 8. С. 54. – URL: <https://www.nkj.ru/archive/articles/36668/> и ссылки внутри.

12. *Беркович Е.* Эпизоды «революции вундеркиндов». Эпизод шестой. Гейзенберг перед выбором // *Наука и жизнь*. 2019. № 3. С. 26. – URL: <https://www.nkj.ru/archive/articles/35682/> и ссылки внутри.

13. *Dr. Winston Ewert: The Human Mind's Sophisticated Algorithm And Its Implications* – URL: <https://mindmatters.ai/podcast/ep330/>.

14. *Dr. Winston Ewert: The Limits of Artificial Intelligence.* – URL: <https://mindmatters.ai/podcast/ep331>.

15. *Mirzadeh I., Alizadeh K., Shahrokhi H., Tuzel O., Bengio S., Farajtabar M. GSM-Symbolic: understanding the limitations of mathematical reasoning in large language models*, arXiv:2410.05229v2 [cs.LG] 27 Aug 2025.

16. *Беркович Е. «Эпизоды «революции вундеркиндов». Вступление: Первопроходцы», Наука и жизнь, 2018, № 9, с. 50*, <https://www.nkj.ru/archive/articles/34379/> и ссылки внутри.

17. “Magna Charta Universitatum”/ – URL: <http://www.magna-charta.org/home2.html>.