

Народный университет
Естественнонаучный факультет

Издается с 1961 года



ЧИСЛО И МЫСЛЬ

выпуск **6**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ» Москва 1983

ББК 72
Ч67

Под научной редакцией академика АН СССР Б. М. КЕДРОВА

Рецензент А. В. Филиппов, доктор психологических наук,
профессор

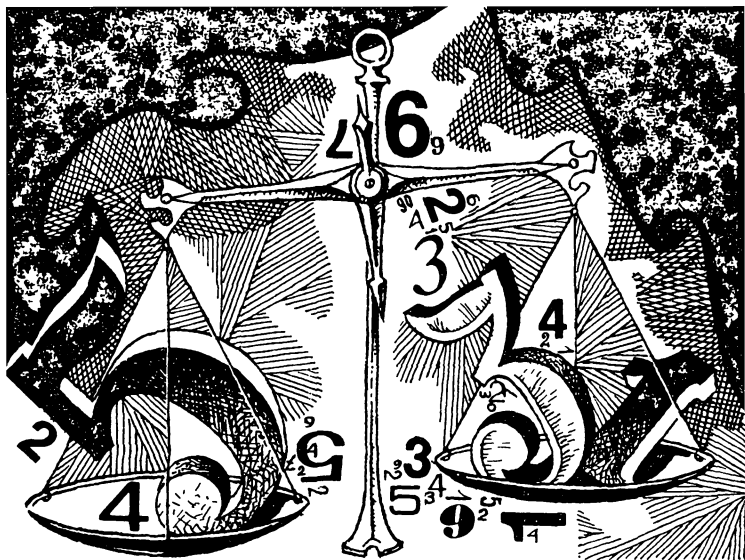
Ч67 **Число и мысль. Сборник. Вып. 6 — М.: Знание,**
1983.— 192 с.— (Народный университет. Есте-
ственнонаучный фак.)
60 к. 80 000 экз.

В сборнике, подготовленном группой советских ученых во главе с академиком АН СССР Б. М. Кедровым, раскрываются закономерности процесса научного творчества. Авторы на конкретных примерах показывают возможности направленного совершенствования творческого процесса.

Он может служить пособием для преподавателей и специалистов, а также слушателей народных университетов естественнонаучных факультетов.

Ч $\frac{1403000000-092}{073(02)-83}$ 40—83

ББК 72
001.5



Б. М. КЕДРОВ,
академик АН СССР

ЧИСЛО И МЫСЛЬ В ИСТОРИИ НАУКИ

(в научных исследованиях,
открытиях и заблуждениях)

О СВЯЗИ МЕЖДУ ЧИСЛОМ И МЫСЛЬЮ

Число и мысль как стороны познания. Вдумаемся в сопоставление: число и мысль. Что за этим кроется? Всякое число *абстрактно*, отвлеченно, оно отражает лишь одну внешнюю, *количественную* сторону изучаемого. Вместе с тем оно, взятое само по себе, *единично*, а потому *случайно*, отрывочно.

«Число есть чистейшее количественное определение, какое мы только знаем,— писал Энгельс.— Но оно полно качественных различий... Отдельное число получает некоторое качество уже в числовой системе и соответственно тому, какова эта система»¹. Это значит, когда число

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 573, 574.

утрачивает свою единичность и приводится в связь с другими числами в общей числовой системе, оно обнаруживает скрытые в нем и как бы завуалированные качественные особенности. Но их раскрытие и само введение отдельного числа в некоторую числовую систему осуществляется так или иначе с помощью мышления.

Мысль же характеризуется тем, что она ищет *связь* между отдельными числами, стремится раскрыть взаимозависимость количественной стороны изучаемого предмета с его *качественной* стороной, между внешней и внутренней его сторонами. Мысль, как и ее выражение в языке, всегда *обобщает*. В. И. Ленин это подчеркивал, материалистически перерабатывая гегелевскую диалектику.

Он писал: «Всякое слово (речь) уже *обобщает*... Чувства показывают реальность; мысль и слово — общее...» «NB в языке есть только *о б щ е е*...» «Гегель серьезно «верил», думал, что материализм как философия невозможен, ибо философия есть наука о мышлении, об *общем*, а общее есть мысль»². Вместе с тем общее выступает как сущность познаваемого: «NB: «общее» как «сущность»»³.

Мысль ищет и стремится раскрыть в качестве общего «сущность» отдельного числа, а в естествознании — реальную сторону изучаемого предмета, отраженную внешним образом данным числовым выражением. Мысль как бы «проникает» в это число, раскрывает его историю, его генезис, причину его возникновения и вместе с тем его внутреннюю структуру. Особенно это она производит в случае числа, полученного в результате какого-либо конкретного естественнонаучного исследования, например, физического измерения. Это значит, что мысль в ее отношении к числу нацеливает внимание ученого на *конкретный* подход к изучаемому, на момент общего, на качественный аспект проводимого исследования.

В свое время, раскрывая в поэтическом аспекте взаимосвязь между числом и мыслью (смыслом), поэт, отзываясь о большой роли числа в духовной жизни челове-

² Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 246, 249, 250.

³ Там же, с. 241.

ка, писал: «...все оттенки смысла умное число передает».

Но такие смысловые его оттенки не даны непосредственно. Их надо уметь уловить и выявить, и это может только мысль. Для нее числа выступают как своего рода духовная пища, которую мысль должна переварить и извлечь из этой пищи все, что в ней скрыто.

Так устанавливаются взаимоотношения между числом и мыслью. Покажем далее более конкретно на примере творчества Менделеева, как ставится и решается этот вопрос в естествознании.

Проблема измерения. Число и мысль как ступени познания. Менделеев. В области астрономии, физики и химии, а также других наук число выступает как непосредственный результат измерения, т. е. определенно-го эмпирического действия, состоящего в количественном опытном исследовании изучаемого предмета. При этом мысль ученого и опережает само опытное исследование, планируя и направляя его, и теоретически обобщает и объясняет его результаты, а также делает логические выводы в плане предсказания чего-то нового, еще неизвестного.

Другими словами, соотношение между числом и мыслью, выступающее в процессе измерения, это в значительной степени соотношение между эмпирией и теорией как сторонами и как ступенями познания.

Интерес к процессам измерения и к измеряемым свойствам вещества всегда проявлял Д. И. Менделеев. Недаром последние 14 лет своей жизни (начиная с 1892 г.) он возглавлял в Петербурге Главную палату мер и весов. Этим было вызвано его исключительное внимание ко всяким количественным отношениям, к числам природы, требовавшим своего реального толкования. Поэтому в отличие от многих своих современников-химиков он на первое место ставил такие свойства элементов, которые могут быть измерены и выражены числами.

В 1868 г. в «Основах химии» он писал: «Без открытия точных законов... нельзя ждать дальнейших успехов нашей науки. Одно изучение количественных отношений... не может привести к решению основной задачи химии, будет всегда отличаться односторонностью. Но... эта односторонность определяется не только историче-

скими причинами, но и самую сущность дела: количественные отношения более просты, чем качественные»⁴.

Найти за этими более простыми и доступными наблюдениями отношениями скрытую качественную сторону изучаемых явлений — это одна из задач деятельности мышления. Вместе с тем таким путем, по мнению Менделеева, преодолевается субъективизм и произвол, и наука прочно становится на объективную основу.

В связи с этим Менделеев писал, что «всякая система, основанная на точно наблюденных числах, конечно, будет уже в том отношении заслуживать предпочтение перед другими системами, не имеющими численных опор, что в ней остается мало места произволу»⁵.

И еще: «Для верного суждения необходимы признаки не только качественные, но и количественные, т. е. измеримые. Когда некоторое свойство подлежит измерению — оно перестает носить характер произвольной субъективности и придает сравнению объективность»⁶.

Таковы были взгляды Менделеева на процессы измерения. Как увидим ниже, они сказались при открытии и разработке его периодического закона.

Качество раньше количества и числа, которые раньше сущности, раскрываемой мыслью. Разбирая вопрос о соотношении количественной (числовой) стороны вещей и процессов с их качественной стороной, мы должны со всей категоричностью подчеркнуть, что раскрытие качества является первичной предпосылкой и исходной основой для правильного познания количества (числа). Пока не раскрыта качественная сторона изучаемого предмета, его количественная (числовая) сторона не может быть измерена верно.

Однако *после* того, как качество предмета установлено и на его основе развернулось количественное исследование, это последнее может способствовать более глубокому и расширенному изучению качества, как это было показано, например, в случае открытия Гершелем инфракрасной (тепловой) части солнечного спектра.

В «Философских тетрадах» В. И. Ленин писал по поводу общего хода человеческого познания: «Сначала *мелькают* впечатления, затем выделяется *нечто*, — потом

⁴ Менделеев Д. И. Соч., т. 13, с. 95.

⁵ Менделеев Д. И. Периодический закон. М., Изд-во АН СССР, 1958, с. 16.

⁶ Менделеев Д. И. Основы химии. Спб., 1906, с. 246.

развиваются понятия *качества* ‡ (определения вещи или явления) и *количества*. Затем изучение и размышление направляют мысль к познанию тождества — различия — основы — сущности *versus* явления, — причинности *etc*»⁷.

Уже здесь Лениным четко определена последовательность, во-первых, в установлении количества (следовательно, числа) и в движении мысли к познанию сущности вещей и явлений (следовательно, к раскрытию внутреннего смысла найденных чисел). Во-вторых, в формировании категории качества *до*, но не после категории количества.

Таков действительно реальный ход всего человеческого познания, всей науки вообще — и естествознания и политической экономии. Это можно показать хотя бы на истории развития химии. Так, в середине XIX в. немецкий химик-органик Ю. Либих говорил, что прежде, чем взвешивать, надо знать, что взвешивать. Не случайно этап качественных исследований в истории химии (вторая половина XVII в. — первая половина XVIII в.) *предшествовал* этапу количественных исследований (вторая половина XVIII в.). Так происходило и в других естественных науках.

План дальнейшего изложения. Вопрос о соотношении числа и мысли мы рассмотрим на материале главным образом естествознания (физики, химии, отчасти других его отраслей) в нескольких различных аспектах, а именно в разрезе того, как мысль ученых:

1) осуществляет *обобщение* числового материала, связывает его воедино и резюмирует в виде закона;

2) экстраполирует результаты количественного исследования, доводит их до *предельного* значения, за которым начинается уже переход количества в качество;

3) способствует познанию качественной стороны изучаемого предмета путем более глубокого и полного раскрытия связанной с нею его количественной стороны, а также, как она раскрывает подлинную качественную сторону предмета, если она была неправильно зафиксирована в ходе количественного исследования;

4) ведет к раскрытию неизвестной дотоле сущности изучаемых с количественной стороны явлений путем объяснения реального смысла найденных чисел;

⁷ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 301.

5) выясняет причину того, почему имела место неполная разгадка числового ряда, приведшая к незавершенному открытию, и как оно было затем доведено до своего завершения;

6) помогает через правильное толкование найденных числовых отношений преодолеть теоретические *разногласия* при объяснении одних и тех же чисел различными мыслящими учеными;

7) ищет и находит посредством гипотез реальную причину кажущегося *нарушения* количественно выраженной закономерности изучаемых явлений природы;

8) позволяет разгадывать кажущиеся *парадоксы*, когда математические (количественные) отношения первоначально не связываются с их реальной, материальной основой, с их физическим смыслом.

Соответственно этому рассмотренный ниже материал распределяется по восьми рубрикам. При этом он делится тематически на три основные части:

Часть I — «Связывание и экстраполяция чисел мыслью и выявление переходов количества в качество»;

Часть II — «Полная и неполная разгадка мыслью скрытого в числах смысла»;

Часть III — «Устранение мыслью смысловых разногласий, числовых нарушений и парадоксов в истолковании чисел».

Добавим, что такое разделение историко-научного материала по трем частям и восьми рубрикам довольно условно и что во многих случаях имеет место не одна какая-либо черта соотношения между числом и мыслью, а одновременно несколько сразу. Поэтому то или иное событие из истории науки можно было бы отнести к разным рубрикам.

Наконец, часть IV (последняя) — «Сравнительный анализ различных типов взаимодействия числа и мысли в истории науки» — имеет две рубрики:

9) взаимосвязь числа и мысли в свете противоречия между истиной и заблуждением;

10) теоретико-познавательные аспекты соотношения между числом и мыслью.

Добавим, что ниже историко-научные события рассматриваются в логическом разрезе, но не в их строго хронологической последовательности.

1. Обобщение как приведение чисел во взаимную связь

1) *Обобщение в логике. Аристотель.* Всякое обобщение требует достаточно большого числа наблюдений. Из отдельного, единичного наблюдения нельзя сделать индуктивного вывода. Смерть отдельного человека остается на уровне единичного события. Но констатация большого (неограниченно большого) числа смертей дает возможность мысли обобщить: все люди смертны. Этот индуктивный вывод подкрепляется тем, что число долгожителей незначительно, а люди, возраст которых превышает некоторое максимальное число лет (возрастной предел), вообще не существуют на Земле. Полученный вывод, строго говоря, неточен, так как полной индукции здесь не может быть. Но он имеет тот смысл, что наша мысль от простого учета числа наблюдений переходит к учету природы самого наблюдаемого человека. В результате этого обобщение «все люди смертны» касается уже не того или иного числа наблюдений, но признания, что смерть есть естественное и закономерное завершение жизни любого человека. Отсюда следует дедуктивный вывод согласно первой фигуре силлогизма: «Все люди смертны. Сократ человек. Сократ смертен». Аристотелю принадлежит заслуга формулирования этой фигуры как некоторого правила, как и всей силлогистики.

Исторически такое обобщение с вытекающими из него выводами явилось результатом суммирования практически бесконечного числа наблюдений, о чем писал В. И. Ленин в «Философских тетрадах»: «...Практическая деятельность человека миллиарды раз должна была приводить сознание человека к повторению разных логических фигур, дабы эти фигуры могли получить значение аксиом. Это *nota bene*... практика человека, миллиарды раз повторяясь, закрепляется в сознании человека фигурами логики. Фигуры эти имеют прочность предрассудка, аксиоматический характер

именно (и только) в силу этого миллиардного повторения»⁸.

Этот пример, взятый из древнегреческой философии, показывает, как взаимодействуют между собой число (миллиардное повторение) и работа мысли, делающей обобщение и возводящей его на уровень аксиомы. Механизм такого их взаимодействия анализируется нами далее конкретно на материале истории естествознания.

2) *Закон как обобщение (связывание) мыслью числовых данных опыта. Бойль. Бэкон.* В 1660 г. английский физик и химик Роберт Бойль (один из основателей научной химии) решил проверить, как изменяется объем газов в зависимости от их давления, и обратно. Из всех газов тогда был известен только один — атмосферный воздух. Воздух загонялся в длинную трубку, один конец которой был наглухо закрыт, а в другом помещался плотный поршень, внешнее давление на который ученый мог изменять. Результат каждого отдельного измерения выражался двумя числами: первое показывало, как возросло или уменьшилось внешнее давление на заключенный в трубке воздух, второе — как изменился при этом объем воздуха в этой же трубке. В опыте внешнее давление (обозначим его буквой p) возросло в 2 раза. Но поршень остановился на определенной метке, уравнеавшись с внутренним давлением самого воздуха, заключенного в трубке. Значит, давление газа сравнялось с внешним давлением на газ. В результате этого оказалось, что объем газа (обозначим его буквой v) уменьшился тоже в 2 раза. Так получились два взаимосвязанных числа: 2 (для p) и $1/2$ (для v).

Продолжая опыты, Бойль получил ряд сопряженных чисел; каждая пара из них находилась в обратном отношении: во сколько раз увеличивалось p , во столько же раз уменьшался v , и наоборот: во сколько раз падало p , во столько же возрастал v . На эту обратно пропорциональную зависимость обратил внимание его помощник, и тут включилась мысль ученого в дело обобщения полученного ряда чисел, которые сами по себе такого обобщения еще не представляли, но содержали в себе его возможность.

Бойль свое обобщение полученного опытным путем ряда чисел выразил в виде первого газового закона:

⁸ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 172, 198.

объем воздуха v и его давление p находятся в обратно пропорциональной зависимости между собой (при постоянной температуре), так что их произведение есть величина постоянная (c): $pv=c$. В дальнейшем по мере открытия новых газов закон Бойля распространялся и на них.

Отметим следующее: пока отдельные числовые результаты, полученные опытным путем, не связывались и не сопоставлялись между собой и рассматривались только как нечто единичное, разобщенное, открытие закона Бойля было невозможно. Только тогда, когда мысль ученого свела их в некую числовую систему, приведя их тем самым во взаимную связь, так немедленно выступил скрытый в них, как общее положение, закон природы. Как здесь подходит ссылка на Людвига Фейербаха, сделанная по другому поводу Лениным в «Философских тетрадах»: «...евангелие чувств читать в связи = мыслить»⁹.

Один из основателей индуктивной логики, английский философ Фрэнсис Бэкон разработал различные ее приемы, в том числе прием сопутствующих изменений: если оказывается, что при изменении какой-либо величины другая величина изменяется определенным образом, то это свидетельствует, что между обеими этими величинами имеется причинная зависимость. Хорошим подтверждением этому явилась история открытия закона Бойля, в которой ярко раскрылось интересующее нас соотношение между числом и мыслью. Добавлю, что в XVII в. независимо от Бойля тот же самый газовый закон открыл французский ученый Мариотт, так что ныне он зовется именами обоих ученых.

В 1687 г. в своих «Математических началах натуральной философии» английский физик и механик И. Ньютон показал: если допустить, что газ (воздух) состоит из взаимоотталкивающихся частиц, то отсюда математическим путем можно вывести закон Бойля как закон суммарного поведения всего газа в целом.

Таким образом, мысль ученых двигалась от первичного сопоставления эмпирически полученных чисел к связыванию их в общий ряд и выведению из него определенного закона, а затем к объяснению этого закона на основе теоретико-корпускулярных представлений.

⁹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 257.

3) Закон сохранения массы как обобщенный вывод из числовых значений суммарного веса реагирующих веществ. Бойль. Ломоносов. Блэк. Лавуазье. Идея о сохранении материи в ее натурфилософской форме была высказана еще античными мыслителями в их убеждении, что «ничто в ничто и ничто из ничего». Иначе говоря, что вещи не могут уничтожаться (переходить в ничто) и создаваться из ничего. Этой материалистической идее противостояло религиозно-идеалистическое утверждение о том, будто мир был создан богом или вообще каким-то духовным началом.

С момента применения весов в химии будущий закон сохранения веса или массы реагирующих веществ молчаливо принимался химиками: если вес веществ не менялся, то считалось, что вещества сохранились вообще по своему количеству. Если же вес увеличился, то считалось, что что-то к нему прибавилось, а если уменьшился, то это означало, что часть вещества куда-то ушла. Иначе весовой анализ не имел бы никакого смысла.

Упомянувшийся выше Бойль применил весы для проверки того, как меняется вес прокаливаемых на воздухе металлов. Для этого он помещал точно взвешенное количество свободного металла, например свинца, в реторту, запаивал ее и ставил на огонь. Часть металла окислялась, превращаясь в белую окалину. После охлаждения реторты Бойль делал в ней отверстие и слышал, как со свистом врывался в нее внешний воздух. Вещество, полученное после прокаливания исходного металла, показывало увеличение веса. Значит, у Бойля получались два числа: меньшее до прокаливания и большее — после. Мысль Бойля делала отсюда простой (но неверный) вывод: огонь увеличивает вес металла.

Спустя 100 лет М. В. Ломоносов повторил опыт Бойля, однако в отличие от Бойля он взвешивал не один только металл до и после его прокаливания, а всю систему в целом: реторту и все содержавшееся внутри нее (металл и воздух). Это значило, что после прокаливания он не разбивал реторты и не впускал в нее новой порции воздуха. И Ломоносов получил два одинаковых числа, указывавшие на то, что суммарный вес всей системы не изменился, остался постоянным после прокаливания, равным тому, каким он был перед прокаливанием.

Из равенства обоих чисел мысль Ломоносова вывела в 1756 г. в порядке обобщения фундаментальный закон химии, закон сохранения общего веса веществ, участвующих в химической реакции.

Тогда же английский химик Джозеф Блэк, опираясь фактически на такой же закон, показал, что сумма весов исходных веществ химической реакции (первое число) равна сумме весов продуктов той же реакции (второе число). Так как второе число равно первому, то это можно выразить в виде уравнения химической реакции. Так, при прокаливании мела из 100 г его образуется 44 г улетающего углекислого газа и 56 г негашеной извести, что запишется в виде уравнения:

$$100 \text{ г мела} = 44 \text{ г углекислого газа} + 56 \text{ г негашеной извести.}$$

Мысль Блэка с несколько другой стороны, чем обобщающая мысль Ломоносова, по-своему раскрыла смысл сопоставления двух чисел, получаемых при взвешивании веществ до и после их взаимодействия.

Таким образом, простое сопоставление числовых результатов опыта с последующим их связыванием воедино позволяет путем их резюмирования и обобщения извлечь из них скрытый в них закон природы.

2. Доведение числовых данных опыта до их предельных значений путем экстраполяции

4) *Открытие атмосферного давления. Торричелли. Паскаль.* Долгое время считалось, что если сосуд, из которого выкачали воздух, заполняется целиком какой-либо жидкостью, то это происходит потому, что «природа боится пустоты» и заполняет ее при первой возможности. Такое «объяснение» было в духе общих взглядов средневековья на явления природы и обуславливающие их причины. Но вот в первой половине XVII в. итальянский физик Э. Торричелли стал испытывать все более и более длинные трубки, выкачивая из них воздух и заполняя их такой тяжелой жидкостью, как ртуть. И он обнаружил, что в пустотной трубке ртуть поднимается лишь до строго определенного предела, обычно около 76 см (по современному масштабу). Пространство выше этой метки, будучи пустым, остается незаполненным.

Эта пустота получила название «торричеллиева». Значит, так называемая «боязнь пустоты природой» имеет границу, за которой она почему-то перестает давать себя знать. Торричелли высказал предположение, что тут действует воздушное давление.

Вскоре же, в середине XVII в., французский физик и математик Б. Паскаль открыл атмосферное давление, правильно истолковав полученные опытным путем числовые данные. С тех пор высота столбика ртути, выраженная числом, приведена в связь с величиной атмосферного давления, выражаемого тем же числом, что и легло в основу ртутного барометра. Так правильное истолкование предельного количественного значения определенной величины привело мысль ученого к чрезвычайно важному открытию.

5) *Открытие тепловых лучей по показанию термометра. Гершель.* Когда был разложен спектроскопический белый свет на его компоненты, то выяснилось, что самые длинные лучи с наименьшим числом колебаний имеют красный цвет, а самые короткие лучи с наибольшим их числом — фиолетовый цвет. Существуют ли какие-либо лучи за этим нижним и верхним пределом видимой части солнечного спектра, было неизвестно, ибо если бы они существовали, то это означало бы, что мы их не можем воспринять непосредственно при помощи наших органов чувств. Ленин писал, употребляя термин «эфир» для обозначения того, что ныне зовут электромагнитным полем: «Ощущение есть образ движущейся материи. Иначе, как через ощущения, мы ни о каких формах вещества и ни о каких формах движения ничего узнать не можем... Ощущение красного цвета отражает колебания эфира, происходящие приблизительно с быстротой 450 триллионов в секунду. Ощущение голубого цвета отражает колебания эфира быстротой около 620 триллионов в секунду»¹⁰.

Цвета от красного до голубого и фиолетового — это все различные качества. Но как быть с таким объектом, который не действует непосредственно на наши органы чувств, например на наше зрение? Очевидно, его качество нами может быть воспринято только опосредованно, в частности, с помощью каких-либо физических приборов, путем осуществления определенных из-

¹⁰ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 320.

мерений и получения количественных показателей (чисел). Мысль ученых, опираясь на такие данные, могла сделать отсюда вывод о существовании качеств, непосредственно не фиксируемых нашими ощущениями.

Так, упоминавшийся выше В. Гершель помещал очень чувствительный термометр в различные части видимого солнечного спектра. Оказалось, что температура постепенно и правильно поднимается от верхнего его предела (в его фиолетовой части) вплоть до его нижнего предела (в его красной части), где она является наивысшей в пределах видимой части солнечного спектра.

После этого Гершель передвинул свой термометр за пределы красной полосы спектра в его невидимую часть и обнаружил, что термометр показывает дальнейшее правильное повышение температуры. Так было открыто существование тепловой (инфракрасной) части солнечного света, иначе говоря, существование качественно особых тепловых, или инфракрасных, лучей, не видимых нашим глазом.

Это открытие было сделано мыслью ученого, которая продолжила ряд чисел за пределы видимого нами и установила по этому продолженному их ряду объективное существование чего-то невидимого. Познание нового качества осуществлялось с помощью количественных данных, правильно понятых и истолкованных научной мыслью.

Иными путями, но также через процессы измерения, т. е. путем количественных исследований, была открыта и другая невидимая нам часть солнечного спектра — ультрафиолетовая его часть, находящаяся за его верхним пределом (фиолетового цвета).

На роль мышления, т. е. нашей мысли, в познании невидимых нам лучей, указывал Ф. Энгельс. Он писал о том, что хотя муравьи видят «химические» (ультрафиолетовые) световые лучи, «но мы в познании этих невидимых для нас лучей ушли значительно дальше, чем муравьи... К нашему глазу присоединяются не только еще другие чувства, но и деятельность нашего мышления... То, что наше мышление способно постичь... этого вполне достаточно как в смысле количества, так и в смысле качества»¹¹.

¹¹ Маркс К, Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 554, 555.

Так мысль ученого, его мышление, опираясь на познанное количество (числа), раскрывает скрытое за ним качество.

б) *Отклонения от закона Бойля—Мариотта. Ломоносов. Реньо. Менделеев. Ван-дер-Ваальс.* Еще в середине XVIII в. русский ученый М. В. Ломоносов высказал предположение, что при очень высоких (предельно высоких) давлениях у газов должен сказываться собственный объем молекул, а потому должны обнаружиться отклонения от закона Бойля—Мариотта и тем большие, чем выше будет давление. Такие отклонения и обнаружили в XIX в. французский физик А. В. Реньо и русский химик Д. И. Менделеев. Полученные ими числа требовали теоретического объяснения, и оно было дано голландским физиком Я. Д. Ван-дер-Ваальсом в работе «О непрерывности газообразного и жидкого состояния» (1873 г.). Мысль Ван-дер-Ваальса исходила из того, во-первых, что надо вычесть собственный объем молекул (v) из общего объема всего газа (v), а во-вторых, прибавить к величине давления газа (p) силу взаимного притяжения молекул (a). При высокой температуре и достаточном разрежении величины a и v малы и не дают о себе знать. При высоких давлениях они сказываются, вызывая числовые отклонения от закона Бойля—Мариотта, предсказанные еще мыслью Ломоносова, так что здесь развитие науки шло в такой последовательности: сначала мысль одного ученого (Ломоносова) выдвинула гипотезу, допускавшую отклонение от закона, затем такие отклонения были обнаружены реально и выражены численно (Реньо, Менделеевым), и, наконец, мысль другого ученого (Ван-дер-Ваальса) дала им теоретическое объяснение.

ба) *Открытие критической точки у вещества. Менделеев. Эндрюс. Кайете и Пикте.* Это пример, как открываются предельные значения изучаемых величин путем экстраполяции за пределы известных числовых данных опыта. В XIX в. было установлено, что некоторые газы, такие, как водород, азот и кислород, а также воздух (смесь двух последних), не сжижаются, несмотря на самые высокие давления. Получалось так, что тут нельзя было вообще достичь предельных условий, а потому такие газы стали именоваться «истинными» или «постоянными», т. е. абсолютно несжижаемыми.

В 1859—1860 гг. Д. И. Менделеев изучал различные жидкости при изменчивых температурах T в закупоренных сосудах. В этом случае имеется система: жидкость и над ней насыщенный пар. По мере повышения T оба ряда значений чисел, выражающих значения свойств у жидкости и пара, имеют тенденцию сближаться. Менделеев показал, что в пределе этого их сближения числовые значения плотности и вязкости у жидкости и у пара совпадут. Система станет на одно мгновение однородной, но не жидкостью и не газом, а придет в критическое состояние (как оно было названо позднее). При дальнейшем повышении T образуется один газ, при понижении T система вновь распадается на жидкость и пар. Теперь становилось понятным, почему так называемые «постоянные» газы не сжижались: их брали при T выше их критической T .

Так работала мысль Менделеева, анализируя процесс сближения двух рядов чисел, касающихся — один свойств жидкости, другой — свойств ее насыщенного пара.

Позднее (в 1869 г.) английский химик Т. Эндрюс пришел к тем же выводам, что и Менделеев, развив теорию непрерывности газообразного и жидкого состояний веществ. Еще позднее (в 1877 г.) швейцарскому химику А. Пикте удалось впервые превратить в жидкости так называемые «постоянные» газы. Прогностическая мысль Менделеева и Эндрюса, исходившая из сближения двух рядов чисел, получила свою реализацию.

7) *Циолковский*. Человеческая мысль в течение долгого времени вынашивала идею межпланетных полетов. Однако первоначально дело не шло дальше голый фантастики. При этом выдвигались неосуществимые в принципе проекты. Жюль Верн в романе «Из пушки на Луну» считал возможным мощный выстрел из пушки, причем в выпущенном ею ядре находились люди. Но известно, что сидеть в ядре в момент такого выстрела или же получить его удар в себя — это примерно одно и то же. А. А. Богданов в романе «Красная звезда» выдвинул гипотезу «минус-материи», которая отталкивается от других тел с той же силой, с какой обычное вещество их притягивает. Легко было показать, что такая гипотеза не научна в своей основе и приводит к полному отказу от закона сохранения энергии.

Не будем разбирать то, как Герберт Уэллс в романе «Война миров» описал прилет марсиан на Землю. Перейдем от фантастики романистов к постановке и теоретическому решению такой задачи мыслью ученых. Это сделала мысль русского ученого К. Э. Циолковского еще в 1903 г. в статье «Исследование мировых пространств реактивными приборами». Опираясь на общие теоремы механики, мысль Циолковского разработала теорию полета ракеты с учетом изменения ее веса по ходу движения и доказала осуществимость использования двигателей ракеты в целях межпланетных сообщений.

Вся статья содержала строго математическое обоснование этой идеи. Из полученных Циолковским необходимых числовых данных в ходе этого доказательства назовем главное число: *предельная* скорость, которую должна приобрести ракета, чтобы преодолеть земное притяжение и выйти в межпланетное пространство из поля тяготения Земли. Это число — величайшее достижение мысли ученого. Пока скорость полета его не достигнет, ракета не сможет оторваться от Земли. Такой ее отрыв может произойти только в случае, когда скорость ракеты достигнет этой предельной численной величины и превысит ее.

Как видим, и здесь мысль должна была путем экстраполяции проследить развитие изучаемого процесса вплоть до его крайнего предела, с тем чтобы показать, каким образом он выходит из одной своей области в качественно иную, где он продолжает развиваться дальше, но уже на новой основе.

Вместе с тем Циолковский выдвинул и разработал идею последовательного, поэтапного достижения движущимся прибором предельного значения скорости полета, чтобы выйти за пределы силы притяжения Земли. Это была идея ракеты, приобретающей в полете дополнительные двигающие ее вперед толчки. В связи с этим Циолковский создал основы теории жидкостного реактивного двигателя и разработал элементы его конструкции.

Опираясь на труды Циолковского, научная и изобретательская мысль советских ученых и техников осуществила на практике реализацию его идей и положила начало космической эре в истории человечества запуском

первого советского спутника Земли в 1957 г. и первого космического корабля с человеком на борту — Ю. А. Гагариным — в 1961 г.

3. От учета абстрактных чисел к учету качественной специфики изучаемого предмета

8) *Включение качественного момента в числовую систему как ключ к открытию закона природы. Лавуазье. Рихтер. Дальтон.* Один из основателей научной химии, французский химик А. Л. Лавуазье ввел числовую систему выражения количественного состава химических соединений. Согласно этой системе весовую долю каждого элемента, входящего в состав данного соединения, следует относить к общему весу всего соединения, принятому за 100. Иными словами, выражать в бескачественных процентах. Так, в угарном газе (CO) углерода (C) содержится (по современным данным) 42,85 %, а кислорода (O) — 57,15 %. В углекислом же газе (CO_2) соответственно: 27,27 % C и 72,73 % O .

Однако из этих попарно сопоставляемых чисел мысль химика ничего не может извлечь в целях их теоретического обобщения. Числа эти, взятые в их процентном, т. е. безликом, выражении, не содержат в себе никаких указаний на скрытую в них закономерность.

В самом конце XVIII в. немецкий химик Рихтер предложил изменить числовую систему выражения химического состава веществ, введя для этого новые (химические) единицы выражения состава веществ, а именно паевые единицы (паи), или эквиваленты. Суть этого нового состояла в том, что теперь стал учитываться момент качества вещества. Теперь весовую долю каждого элемента в соединении надо было относить уже не к общему весу всего соединения, принятому за 100, а к одной и той же весовой порции (паю) одного какого-либо из веществ, участвующих в данной реакции. Тогда получаемые в результате количественного анализа числа приобретали совершенно другое значение, и мысль химика в состоянии была раскрыть спрятанный в них внутренний смысл.

Так, в приведенном выше примере с CO и CO_2 получаем: на 42,85 г (граммов, но не процентов!) C в первом случае (т. е. в CO) приходится 57,15 г O (опять

граммов, но не процентов!), а во втором случае (т. е. в CO_2) на то же паевое количество С приходится 114,30 г О.

Теперь, сопоставляя между собой числа 57,15 и 114,30, полученные для выражения различного содержания О в двух различных соединениях между С и О, мысль химика обнаруживает между обоими этими числами *кратное* отношение: второе число ровно в 2 раза больше первого: $114,30 = 57,15 \times 2$.

Так измененная числовая система привела мысль ученых к открытию одного из самых важных стехиометрических законов химии, закона простых кратных отношений. Такое открытие сделал в 1803 г. английский химик и физик Дж. Дальтон. По этому поводу Энгельс писал «о том, как старые, удобные, приспособленные к прежней обычной практике методы переносятся в другие отрасли знания, где они оказываются тормозом: в химии — процентное вычисление состава тел, которое являлось самым подходящим методом для того, чтобы замаскировать — и которое действительно достаточно долго маскировало — закон постоянства состава и кратных отношений у соединений»¹². Снять эту маскировку помогло учтение качественного момента в подборе единиц измерения и выражения химического состава сложных веществ.

От паев (эквивалентов) Дальтон совершил переход к атомным весам, причем для каждого элемента он установил особое, качественно специфическое число. С этой целью, продолжая развивать идею о паях (эквивалентах) как химических единицах, выражающих состав вещества, он предложил принять пай одного какого-либо элемента за атомную единицу и пай всех остальных элементов выражать в этих единицах. Это означало создание новой числовой системы, где паявые веса всех элементов выражались через их отношение с паявым весом одного элемента, выбранным в качестве единицы.

За такого рода атомную единицу Дальтон выбрал пай водорода, как самого легкого элемента. Вскоре было предложено за единицу атомного веса принять $1/16$ пая О, а с недавних пор $1/12$ пая С. Так, мысль

¹² Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 608.

химиков пришла к установлению понятия атомного веса и способов его определения. Отвлеченное число, скажем 16 для О или 12 для С, стало благодаря работе мысли ученых показателем одного из важнейших признаков элементов. Таким образом, в понятии атомного веса органически слились количественная и качественная характеристики элементов химии.

Заметим, что философ Гегель, как натурфилософ-идеалист, отвергал атомистику, справедливо видя в ней материалистическое учение, характерное для естествонаучного материализма. Напротив, химики в своем большинстве подхватили сейчас же это учение и стали его активно разрабатывать. В середине XIX в. это привело к созданию учения об атомности (валентности), о чем речь пойдет в следующем параграфе.

9) *Понятие валентности в новой числовой системе. Жерар. Кекуле. Купер.* Следующий шаг при оперировании теми же числами, выражающими паевые отношения между элементами и их группами, входящими в различные соединения, был сделан мыслью французского химика Ш. Ф. Жерара в созданной им теории типов. Жерар обнаружил, что в химии (это особенно ясно выступило в органической химии) соединение происходит так: один пай одного элемента (или один пай какой-либо группы элементов, представляющей собой остаток той или иной молекулы, например, метана — метильный радикал CH_3) может соединиться с одним паем либо того же состава, либо другого. Так, это наблюдается в первом случае у водорода $\left. \begin{matrix} \text{H} \\ \text{H} \end{matrix} \right\}$, а во втором — у соля-

ной кислоты $\left. \begin{matrix} \text{H} \\ \text{Cl} \end{matrix} \right\}$. По первому из этих типов образуются молекулы метана $\left. \begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \text{H} \end{matrix} \right\}$, этана $\left. \begin{matrix} \text{C}_2\text{H}_5 \\ \text{H} \end{matrix} \right\}$ и др. По второму — молекулы $\left. \begin{matrix} \text{Br} \\ \text{H} \end{matrix} \right\}$, $\left. \begin{matrix} \text{Ag} \\ \text{Cl} \end{matrix} \right\}$, $\left. \begin{matrix} \text{K} \\ \text{Cl} \end{matrix} \right\}$ и др.

Здесь фигурная скобка означает не связь между атомами, а указание на определенное числовое отношение между весовыми паями, вошедшими в соединение. Точно так же образовался третий тип воды: $\left. \begin{matrix} \text{H} \\ \text{H} \end{matrix} \right\} \text{O}$, где один пай Н мог быть заменен на Na или K, а кислород —

на серу и т. д. Едкий натр записывался так: $\begin{matrix} \text{Na} \\ \text{H} \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} \text{Na} \\ \text{H} \end{matrix}} \right\} \text{O}.$

Точно так же выделялся четвертый тип аммиака: $\begin{matrix} \text{H} \\ \text{H} \\ \text{H} \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} \text{H} \\ \text{H} \\ \text{H} \end{matrix}} \right\} \text{N}.$

Но вот в 50-х годах XIX в. немецкий химик А. Ке-
куле ввел пятый тип метана $\begin{matrix} \text{H} \\ \text{H} \\ \text{H} \\ \text{H} \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} \text{H} \\ \text{H} \\ \text{H} \\ \text{H} \end{matrix}} \right\} \text{C},$ в результате обра-

зовалась новая числовая система, указывающая, что с одним паем элемента (или группы элементов) может соединиться число весовых паев других элементов от 1 (в типах водорода и соляной кислоты) до 4 (в типе метана).

Теоретическая мысль А. Кекуле и шотландского химика А. Купера вложила реальное содержание в этот ряд чисел от 1 до 4, раскрыв их общую основу: была высказана идея, что у атомов различных элементов имеется способность присоединять к себе то или иное число атомов водорода Н. Такая их способность была названа сначала атомностью, потом валентностью, и у Н она была принята за единицу. Купер же нашел для этого удачное графическое изображение в виде черточек у атома, число которых равно валентности данного эле-

мента: —Н; —Cl; —О—; $\begin{matrix} \diagup \\ \text{N} \\ \diagdown \end{matrix}$; $\begin{matrix} | \\ \text{C} \\ | \end{matrix}$. Валентности

у разных атомов могут взаимно насыщаться; Н—Н; Н—Cl; Н—О—Н и т. д. Чисто эмпирическое число паев, вступающих во взаимодействие, выраженное в типических формулах химических реакций, оказалось поднятым мыслью химиков на уровень структурных формул, отображающих внутреннее строение вещества, прежде всего органического.

10) *Взаимная связь качества и количества в периодической системе элементов. Менделеев.* Ярким примером того, как взаимодействуют между собой качественная и количественная стороны изучаемого предмета, может служить великое открытие, сделанное Д. И. Менделеевым в 1869 г. Когда перед тем он приступил к созданию «Основ химии», он придерживался учения Жерара о типах. Поэтому он стал описывать самые

легкие элементы («типические») в порядке возрастания их атомности (она указывается далее в скобках): Н (1); О (2); N (3); С (4). Затем в таком же порядке он начал систематическое описание остальных элементов: галоиды, теперь галогены (1 — по водороду); щелочные металлы (1 — по кислороду). А дальше возникло затруднение: химически (качественно) наиболее близкими к щелочным металлам являются несомненно щелочно-земельные металлы (2). Но в смысле *числовом* (по значению их атомности) должна была бы следовать группа меди, в которую входят Ag (1), Cu (1 и 2), Au. Поскольку Ag и Cu дают соединения одноатомные, то им, казалось бы, надо примкнуть к щелочным металлам (1), а Cu, дающая также и двухатомные соединения, примкнет к следующей за нею группе щелочноземельных металлов.

Менделеев долго не мог найти решения. Ему нужно было найти согласие между качественной близостью элементов и числовой близостью их свойств, причем свойств фундаментальных. Он обратил внимание на то, что в соли KCl сближены два качественно противоположных элемента — К (1) и Cl (1) — не только по общности их атомности, но и по величине их атомных весов: К=39,1; Cl=35,5. Значит, решил он, элементы можно сближать не только по атомности, но и атомному весу. Оказалось, что в этом отношении щелочноземельные металлы непосредственно примыкают к щелочным, а эти последние — к галоидам (галогенам). Так был найден ключ к сопоставлению элементов в общем ряду при одновременном учете и качественной, и числовой близости их свойств. С помощью этого ключа Менделеев и создал свою периодическую систему элементов. Ее он основал на таком точно измеримом их свойстве, как атомный вес. Но при этом он всегда учитывал, что «главный интерес химии — в изучении основных качеств элементов...»¹³.

В 1877 г. он писал: «Знания, относящиеся к количественной стороне химических превращений, далеко опередили изучение качественных отношений. Связь этих двух сторон, по моему мнению, составит нить, долженствующую вывести химиков из лабиринта современного, уже значительного, но отчасти одностороннего запаса

¹³ Менделеев Д. И. Основы химии, т. 2, Спб., 1871, с. 941.

данных. Такая связь лежит в основе той системы элементов, которой подчинено все мое изложение»¹⁴.

Между периодичностью элементов и измеримостью их свойств имеются глубокие взаимоотношения, которые Менделеев всегда подчеркивал. Число и раскрытая мыслью качественная сторона периодической зависимости находятся в теснейшей связи между собой.

Как известно, по обнаруженным пробелам в периодической системе элементов Менделеев в 1870—1871 гг. предсказал существование нескольких неизвестных, неоткрытых еще элементов и наперед теоретически предвычислил числовое значение их главных свойств. Так число активно фигурировало в прогностической деятельности.

Первый из предсказанных Менделеевым элементов — галлий (Ga) был открыт французским химиком Лекоком де Буабодраном (1875 г.), числовые значения свойств элемента совпали с предсказанными. По этому поводу Энгельс писал: «Менделеев, применив бессознательно гегелевский закон о переходе количества в качество, совершил научный подвиг, который смело можно поставить рядом с открытием Леверье, вычислившего орбиту еще не известной планеты — Нептуна»¹⁵.

Так менделеевская мысль, оперируя с числами, ка-сающимися свойств элемента, связала количество с качеством и привела к великому научному открытию. В дальнейшем мы еще не раз будем возвращаться к различным сторонам этого открытия в ходе нашего изложения, подчеркивая каждый раз в новом аспекте соотношение между числом и мыслью ученого.

11) *Реальные числа против игры в фиктивные цифирки.* До сих пор мы говорили лишь о том, как раскрывалось и дифференцировалось соотношение между числом и мыслью в области естественных и отчасти технических наук. В таком направлении мы будем продолжать наше изложение и дальше. Но сейчас мы позволим себе отступление от этого направления для того, чтобы рассмотреть под определенным углом зрения работу В. И. Ленина «Развитие капитализма в России». Именно в этой работе Лениным показано, каким образом, опираясь на качественные показатели, можно и нужно

¹⁴ Менделеев Д. И. Основы химии, т. I, изд. 3-е. Спб., 1877, с. VI.

¹⁵ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 389.

в экономической статистике находить реальные числа и не впадать в бесплодную игру в цифирь, появляющиеся в изобилии при игнорировании необходимости предварительного проведения качественного (социального) анализа.

Такое именно игнорирование, как показал В. И. Ленин, было типично для теоретиков народничества, которые исходили из предвзятой ложной идеи о единстве и целостности русского крестьянства с извечно присущим ему общинным строем. В соответствии с такой установкой они исходили из суммарных чисел, относящихся ко всей русской деревне в целом независимо от того, что в ней быстрым темпом шла классовая дифференциация. Последняя состояла в том, как доказал В. И. Ленин на реальных числовых экономических данных, что в деревне России совершалось глубокое классовое расслоение крестьянства, его поляризация на деревенскую буржуазию, кулачество, с одной стороны, и на деревенский пролетариат — с другой.

Народники пытались посредством неправильно используемой статистики, т. е. неверно оперируя числами, замаскировать этот процесс, совершавшийся в русской деревне. Они жонглировали некоторыми *средними* числами, которые затушевывали наличие и рост классового расслоения русской деревни. Это легко было сделать, если в одну кучу сваливать числовые данные и о капиталистах и о пролетариях и выводить из них некоторые средние, но совершенно фиктивные числа.

Борясь против подобного антинаучного подхода народников, В. И. Ленин в упомянутой выше работе привел многочисленные числовые факты, свидетельствующие о классовой дифференциации деревни.

Разберем одну таблицу с числами, составленную В. И. Лениным¹⁶. В ней выделены шесть групп дворов по величине засеваемой ими площади — от несеющих вовсе (бедняки) и до богатеев, сеющих от 25 до 50 десятин и свыше. Оказывается, что в группе несеющих (бедняков) на один двор приходится 0,3 головы рабочего скота и 0,8 головы прочего (всего 1,1 головы скота), а у сеющих от 25 до 50 десятин, соответственно — 5,8 и 8,1 головы (всего 13,9), а у сеющих свыше 50 десятин, соответственно — 10,5 и 19,5 (всего 30) голов

¹⁶ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 3, с. 64.

скота. А в среднем получается, что на каждый крестьянский двор приходится соответственно 3,1 и 4,5 (всего 7,6) головы скота, что, по мнению народников, свидетельствовало о благополучии и процветании всей русской деревни, взятой как нечто единое целое.

Не менее ярко такая же картина выступает, если определить процент дворов без рабочего скота для каждой из шести выделенных Лениным качественных групп. Так, для группы несеещих дворов этот процент равен 80,5, для сеющих до 5 десятин — 48,3 (т. е. в первом случае безлошадных — более $\frac{4}{5}$ всех дворов, а во втором — почти половина). Для группы же богатеев числа совсем другие: 0,1 и для самых богатых 0,03. А в *среднем* здесь опять-таки получается благополучное, с точки зрения народников, число: 15 %.

В. И. Ленин делает вывод: «Зажиточное крестьянство оказывается во много раз обеспеченнее инвентарем, чем бедное и даже чем среднее. Достаточно взглянуть на эту табличку, чтобы понять полную фиктивность тех «средних» цифр, с которыми так любят оперировать у нас, говоря о «крестьянстве»¹⁷.

В другой таблице¹⁸ для тех же групп дворов (кроме несеещих) сопоставлены данные об аренде земли дворами: у сеющих до 5 десятин арендующие дворы составляют 25 %, причем на один арендующий двор приходится 2,4 десятины пашни. У богатеев же, сеющих от 25 до 50 десятин, соответственно — 88 % и 20,0 десятин на один двор, а у сеющих больше — 91 % и 48,6 десятин на двор. *Средние* же числа такие: 56,2 % и 12,4 десятины на двор. Опять-таки в глазах народников полное благополучие и процветание всей деревни как чего-то целого, единого. В. И. Ленин пишет: «Спрашивается, какое значение могут иметь тут «средние» цифры? Неужели тот факт, что арендаторов «много» — 56 %, — уничтожает концентрацию аренды богачами? Не смешно ли брать «средний» размер аренды [12 дес. на арендующий двор...] ...— складывая вместе крестьян, из которых один берет 2 десятины за безумную цену (15 руб.), очевидно, из крайней нужды, на разорительных условиях, а другой берет 48 десятин, сверх доста-

¹⁷ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 3, с. 64.

¹⁸ См.: там же, с. 73.

точного количества своей земли, «покупая» землю *оптом* несравненно дешевле, по 3,55 руб. за десятину?»¹⁹

И тут же В. И. Ленин приводит признание самих же народников о том, что данные, относящиеся к «целым общинам» (при распределении крестьян по наделу), «не дают правильного понятия о том, что делается в самой общине»²⁰.

Делая выводы из проведенного им анализа, В. И. Ленин констатирует: «Пользуясь группировкой по наделу, мы складываем вместе бедняка, который сдает землю, и богача, который арендует или покупает землю. ... Мы складываем, другими словами, сельского пролетария с представителями сельской буржуазии. Получаемые от такого сложения «средние» *затушевывают разложение* и являются потому чисто фиктивными»²¹.

Чтобы избежать подобного рода ошибок, «экономическая статистика необходимо должна положить в основание группировки *размеры и типы хозяйства*»²². Следовательно, строгий качественный, классовый анализ должен здесь предшествовать количественному подсчету (получению чисел), а такой анализ должен быть проведен правильно направленной мыслью экономиста-статистика. Таков взгляд В. И. Ленина.

Если же это условие не выполнено, то, несмотря на высокую технику собирания статистических данных, «...вследствие неудовлетворительной сводки масса драгоценнейших сведений прямо-таки теряется, и исследователь получает в свое распоряжение только «средние» цифры... А эти «средние»... зачастую совершенно фиктивны»²³.

Итак, замечательно ярко В. И. Ленин вскрыл в своей работе различные соотношения между числом и мыслью при определяющей роли мысли по ее отношению к числу. Если мысль работает правильно, опираясь на качественный анализ, она раскрывает истинную картину изучаемого процесса, в данном случае картину классового расслоения русского крестьянства. Но если, как у народников, она работает в корне неправильно, нацело игнорируя необходимый качественный подход как

¹⁹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 3, с. 73.

²⁰ Там же.

²¹ Там же, с. 94.

²² Там же, с. 96.

²³ Там же.

исходный для любого статистического исследования, то в итоге она затушевывает реально совершающиеся в деревне процессы и вместо реальных находит лишь фиктивные числа и занимается игрой в цифрики.

Такие же мысли Ленин высказал в письме Б. Н. Книповичу от 6 июня 1912 г. Он спрашивал: «За рядами цифр не упускаются ли иногда из виду *типы*, общественно-экономические *типы* хозяйств (крепкий хозяин-буржуа; средний хозяйчик; полупролетарий; пролетарий)? Опасность эта *очень* велика в силу *свойств* статистического материала. «Ряды цифр» увлекают». Поэтому Ленин советует «учитывать эту опасность: наши «катедеры» безусловно *душат* таким образом живое, марксистское, содержание данных. Топят классовую борьбу в рядах и рядах цифр... учесть эту опасность, эту «линию» катедеров, либералов и народников следует сугубо. Учесть и *обрезать* ее, конечно»²⁴.

Часть II. ПОЛНАЯ И НЕПОЛНАЯ РАЗГАДКА МЫСЛЮ СКРЫТОГО В ЧИСЛАХ СМЫСЛА

4. Раскрытие реальной дискретной сущности эмпирически найденных чисел

12) *Атомное учение как скрытая основа числовых данных о химическом составе вещества. Демокрит. Бойль. Ломоносов. Дальтон.* Учение об атомах возникло в античности; но тогда атомы носили чисто натурфилософский характер, и им не приписывалось никаких конкретных свойств, выведенных из опытных данных. Таковы были взгляды древнегреческого философа Демокрита и других древних атомистов. В XVII в. Бойль развил атомистику на механической основе, приписывая атомам придуманные им свойства чисто механического характера, вроде крючочков и петелек. В середине XVIII в. его идеи продолжил Ломоносов, впервые попытавшийся поставить понятие атома на химическую основу. Мысль Ломоносова развивалась в правильном направлении, но ей не хватало конкретного опытного материала: количественный анализ в химии тогда только еще зарождался. Поэтому у Ломоносова не было необ-

²⁴ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 48, с. 64.

ходимых чисел, и его мысли не оставалось тогда ничего другого, как выдумывать всякого рода зубчатые колеса в качестве механических моделей атомов.

Числовой материал, который отсутствовал у Ломоносова, был накоплен полвека спустя, так что мысль Дальтона в начале XIX в. оказалась в несравненно более выигрышном положении. В самом деле, смена числовой системы выражения количественного состава соединений логически приводит мысль химиков именно к закону простых кратных отношений. Однако реальный ход ее развития у Дальтона был обратный: сначала его мысль приняла гипотезу об атомах, которые, будучи химически неделимыми, соединяются только как целые, недробимые на части структурные единицы, а затем сделала вывод, что и в макромире отношения между составными частями химических соединений должны быть так же целочисленными; иначе говоря, количества, скажем, кислорода, входящего в состав различных соединений, должны соотноситься между собой, как целые числа, т. е. как 1 : 2, 1 : 3 и т. д., как 2 : 3 и т. д. Это предположение Дальтон проверил и подтвердил экспериментально. Его мысль получила доказательство в числах. Заметим, что здесь имелось соотношение эмпирических чисел более высокого порядка с теоретической мыслью ученого: система целых чисел (1, 2, 3 и т. д.), выведенная из опытной паевой (эквивалентной) системы чисел, приводилась мыслью ученого в закономерную связь с теоретическими представлениями ученого, и раскрытие такой связи легло в основу всего последующего развития химии.

Последнее сказалось прежде всего в установлении понятия атомного веса тем же Дальтоном, о чем уже говорилось выше. Это было первое фундаментальное, измеримое физическое свойство атомов, выраженное числом. Оно придало понятию атома недостававшую ему ранее конкретность и химическую реальность.

В дальнейшем в течение всего XIX в. созданную Дальтоном химическую атомистику развивало не одно поколение химиков.

13) *Числовые данные «за» и «против» идеи о сложности атомов. Дальтон. Прауг. Берцелиус. Стас. Содди.* Теперь мы увидим, как в истории науки повторяется ситуация, когда от ряда чисел мысль ученых переходит непосредственно к объяснению этих чисел при помощи

гипотезы о скрытых за ними материальных отношениях. Техника химического анализа во времена Дальтона была крайне примитивной, и получаемые с ее помощью результаты были весьма приблизительными. Так, для атомного веса ряда элементов Дальтон получил целочисленные значения: $H=1$; $N=5$; $O=7$; $P=9$; $S=13$ и т. д. При этом он считал атомы последними, неделимыми частичками элементов.

В 1815 г. мысль английского химика У. Праута усмотрела в этом ряду целочисленных величин — 1, 5, 7, 9, 13 и т. д. — прямое указание на то, что атомы всех элементов состоят из атомов H , как из своих атомных единиц. По существу, это было повторением того же вывода, сделанного из опытных чисел, какой был осуществлен Дальтоном в отношении атомистического истолкования закона простых кратных отношений. Только теперь целочисленность, а потому и кратность атомных весов оказалась иллюзорной.

Так, шведский химик Й. Я. Берцелиус вскоре же показал, что атомные веса почти всех элементов являются дробными (например, $S=32,2$; $Cu=63,3$ и т. д.), так что гипотеза Праута оказалась несостоятельной, поскольку его мысль оперировала ошибочными числами. Еще более убедительно подтвердил этот вывод бельгийский химик Ж. С. Стас в середине XIX в.

В итоге этого гипотеза Праута была отброшена и в химии утвердилась вера в неразрушимость атомов, в отсутствие у них сложного состава и строения.

В самом начале XX в. была обнаружена делимость атомов и их сложный характер. Когда же в 1911 г. было открыто атомное ядро, то оказалось, что в него входит целое число его составных, структурных частиц — протонов и, как тогда считалось, внутриядерных электронов. Два года спустя английский физик Ф. Содди ввел понятие «изотоп» как разновидность элемента; каждый изотоп, по Содди, характеризовался некоторым целым «массовым числом». Аналогично этому английский физик Г. Мозли открыл целочисленное порядковое число, которое выражало кратность числа ядер H (протонов), входящих в ядро соответствующего изотопа.

Таким образом, хотя и в такой своеобразной форме, но все же гипотеза Праута подтвердилась в своей основе. Выяснилась так же причина того, почему она была так категорически отвергнута в XIX в. Дело в том, что

атомные веса относились тогда к *смесям* изотопов, имеющим *различные* массовые числа, и представляли собой *средние*, а потому, как правило, *дробные* числа. Например, атомный вес элемента $\text{Cl} = 35,5$ (округленно). Но Cl состоит примерно на $\frac{3}{4}$ из изотопа ^{35}Cl и на $\frac{1}{4}$ из изотопа ^{37}Cl , где 35 и 37 — массовые числа соответствующих изотопов. Эта смесь изотопов и обладает средним значением атомного веса элемента (35,5).

Так мысль ученых разгадала причину того, почему числа, которыми оперировала наука в XIX в., противоречили гипотезе Праута, а числа, полученные в XX в. при дифференцированном подходе, т. е. при расчленении средних атомных весов на их компоненты, подтвердили основную идею Праута.

14) *Молекулярная гипотеза. Ломоносов. Дальтон. Гей-Люссак. Авогадро. Жерар. Менделеев.* Идею о том, что атомы образуют корпускулы (молекулы), выдвинул еще в XVIII в. Ломоносов. Позднее, создавая химическую атомистику, Дальтон исходил из того, что одинаковые атомы, т. е. атомы одного и того же элемента, взаимно отталкиваются. Поэтому он считал, что соединения, подобные H_2 , N_2 , O_2 , Cl_2 , невозможны.

Между тем в 1807 г. французский химик и физик Ж. Л. Гей-Люссак обнаружил простоту и кратность отношения между объемами реагирующих газов. Например, 2 объема H и 1 объем O дают 2 объема водяного пара. Или: 3 объема H и 1 объем N дают 2 объема аммиака (при одинаковых p и T). Из этих чисел в 1811 г. мысль итальянского ученого А. Авогадро сделала вывод: значит, кроме атомов существуют еще и молекулы, образованные из атомов. Эти молекулы могут быть сложными, подобно H_2O и NH_3 , и простыми, подобно H_2 , N_2 , O_2 . Это — во-первых. А во-вторых, в равных объемах разных газов при одинаковых p и T находится одинаковое число молекул (но не атомов, как полагал Дальтон). Тогда просто объясняются результаты опытов Гей-Люссака: 2 объема H_2 и 1 объем O_2 должны дать не один объем воды, как это получалось у Дальтона, который формулу воды записывал, как HO , а два объема H_2O , так как каждая молекула H_2 и O_2 делится при этом пополам (на два атома H или два атома O).

Между тем Дальтон, считая, что он имеет дело непосредственно с атомами, а не молекулами, и что атомы

неделимы, исключал всякую возможность признать делимость пополам частиц, участвующих в опытах Гей-Люссака.

Итак, полученный Гей-Люссаком ряд чисел был истолкован неправильно мыслью Дальтона и — правильно мыслью Авогадро. В середине XIX в. французский химик Ш. Ф. Жерар полностью подтвердил взгляды Авогадро, а в 1860 г. атомно-молекулярное учение было официально признано на I Международном конгрессе химиков в Карлсруэ. С тех пор это учение носит имя Авогадро — Жерара, а число молекул в одной грамм-молекуле вещества именуется числом Авогадро.

Здесь мы видим, каким образом различно мыслявшие ученые, в данном случае Дальтон и Авогадро, по-разному толковали одни и те же числа природы и как правильно работавшая мысль (Авогадро) нашла верное решение, а неправильно направленная мысль (Дальтона) заводила в тупик, выходом из которого было возвращение Жерара к идеям Авогадро.

И еще на одно обстоятельство следует указать: начиная с XIX в. в химию и физику вместе с атомным и молекулярным учением ворвалась идея дискретности, определяющая характер тех величин и чисел, которыми стала с тех пор оперировать мысль ученых. В середине и второй половине XIX в. на этой основе получила развитие молекулярно-кинетическая теория газов, которая позволила раскрыть более глубокую сущность таких газовых законов, как закон Бойля—Мариотта. Менделеев до конца своих дней оставался верным последователем идей Жерара. В отношении своей периодической системы элементов он отметил влияние идей дискретности. Так, говоря о переходах между смежными элементами, помещенными в эту систему, он писал, что «сплошная кривая извратила бы смысл» и что «периоды элементов носят таким образом иной характер, чем привычные периоды, геометриями столь просто выражаемые. Это точки, числа, это скачки массы, а не ее непрерывные эволюции»²⁵.

По поводу начала господства дискретных величин и чисел в химии и физике Энгельс писал: «Новая эпоха начинается в химии с атомистики (следовательно, не

²⁵ Менделеев Д. И. Периодический закон, с. 216.

Лавуазье, а Дальтон — отец современной химии), а в физике... с молекулярной теории»²⁶.

В начале второй половины XIX в. эта же идея дискретных величин и чисел стала постепенно проникать и в биологию, но поначалу с большим трудом.

15) *Дискретность порядкового числа и его физический смысл. Менделеев. Резерфорд. Мозли. Ван-ден-Брук. Бор. Иваненко.* С момента открытия периодического закона понятие химического элемента обрело новый, причем весьма существенный признак: место элемента в периодической системе. Однако этому месту недоставало однозначного признака или числа, находимого экспериментально путем прямого измерения, подобно тому, как находилось, например, значение (число) атомного веса. Поэтому, поскольку Менделеев имел дело с табличной формой своей периодической системы, ему оставалось одно: указывать два координатных числа для места элемента в системе. Одно — абсцисса, т. е. № группы, другое — ордината, т. е. № ряда. Он писал: «Каждый элемент по периодической системе имеет место, определяемое группою (означае^т римскою цифрою) и рядом (цифра арабская), в которых находится»²⁷.

Смысл этих двух координатных чисел раскрывает сама периодическая система элементов. Однако не хватало однозначности и непосредственной физической измеримости.

Много лет спустя английский физик Г. Мозли поставил задачу выяснить зависимость между местом элемента в системе и характеристическим рентгеновским спектром этого же элемента. Этот замысел горячо одобрил Э. Резерфорд, в лаборатории которого Мозли работал.

В 1913 году Мозли, измерив длины волн характеристических спектров у ряда элементов, вывел из полученных им эмпирическим путем данных уравнения, соответствующие отдельным элементам. Во все эти уравнения входила одна и та же величина N в качестве целого числа (множителя), которая имела свое особое численное значение для каждого элемента. Так, для тантала Ta она была равна $N = 73$, для вольфрама W получилось $N = 74$ и т. д.

²⁶ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 608.

²⁷ Менделеев Д. И. Периодический закон, с. 293.

Получились отдельные ряды натуральных чисел. Предстояло связать их в один ряд и раскрыть его физический смысл, как это не раз уже случалось в истории науки. С этой целью мысленно Мозли перенумеровал подряд все элементы, расположенные по периодической системе, и обнаружил, что выведенное из экспериментальных данных число N совпадает с порядковым номером (числом) элемента в менделеевской системе: Та стоит в ней на 73-м месте, W — на 74-м и т. д.

В результате был открыт закон, носящий имя Мозли и гласящий, что частота спектра линий характеристического рентгеновского излучения прямо связана с порядковым числом элемента, испускающего это излучение.

Между тем в том же 1913 г. почти одновременно голландский ученый А. Ван-ден-Брук и датский физик Н. Бор выдвинули мысль (к ней тут же присоединился и Мозли), что число N всегда равно положительному электрическому заряду атомного ядра Z (атомное ядро было открыто в 1911 г. английским физиком Э. Резерфордом) : $N=Z$. Значит, число электронов в оболочке нейтрального атома тоже должно быть равно Z .

Так раскрылся благодаря работе мысли физиков глубокий смысл числа N и всего ряда натуральных чисел, найденного работами Мозли.

Дальнейшее обоснование дискретности положительного заряда атомного ядра дано в открытии тем же Э. Резерфордом протона — ядра атома H. Однако первоначально считалось, что атомное ядро состоит из числа M протонов, а также числа $M - Z$ «внутренних» электронов, которые нейтрализуют своими отрицательными зарядами столько же протонов, так что суммарный заряд атомного ядра оказывается равным:

$$M - (M - Z) = Z.$$

В 1932 г., когда был открыт нейтрон, советский физик Д. Д. Иваненко показал, что никаких электронов внутри атомного ядра нет и что оно образовано только протонами (число Z) и нейтронами (числом $M - Z$). Так, число Z и его дискретность обрели еще более ясный и глубокий смысл, выступив как число протонов, входящих в состав атомного ядра.

16) *Открытие дискретного характера наследственности. Мендель. Морган.* Здесь, в истории этого открытия, работал тот же механизм, переводящий мысль ученых с первоначально наблюдаемых эмпирических чисел к последующему выяснению скрытого в них или за ними смысла. Этим были заложены основы современной генетики, которую долгое время отрицали и поносили сторонники «нового в учении о виде».

Исходное открытие было сделано чешским ученым Г. Менделем в 1865 г. Он обнаружил новое явление, давшее ему неизвестные ранее количественные данные о распределении между потомками признаков их родителей. Так, если скрещиваются два вида растений, один из которых имеет цветы или плоды красного цвета, а другой — белого, то у потомков получается следующее распределение этих признаков: в среднем — один красного цвета, два розового и один белый, т. е. как $1 : 2 : 1$. Если делить потомков на две группы, то на один бесцветный имеем три окрашенных, т. е. как $1 : 3$. Это было названо законом Менделя. Таким образом, выступает явная дискретность (кратность и целочисленность) отношений, аналогичная той, которую Дальтон обнаружил в составе химических веществ и которая прямо требовала атомистического объяснения. Но в случае химии переход от числа к смыслу и от смысла к числам осуществлялся сразу же после обнаружения простоты и кратности отношений и обращения к идеям атомистики. В случае же генетики прошло более трети века, пока на самом рубеже XIX и XX веков Мендель с его законами вторично не был открыт. С этого момента в генетику ворвалась идея дискретности: поскольку законы Менделя говорили о соотношении целых чисел ($1 : 3$ или $1 : 2 : 1$), то, естественно, возник вопрос о том, что сама наследственность имеет вещественного носителя, обладающего дискретным характером. Это вело к понятию гена как некоторой единицы наследственности, а затем к представлению о хромосоме в хромосомной теории Моргана как вещественном носителе свойства наследственности.

Много позднее, когда открытие еще в 60-х годах XIX в. нуклеиновые кислоты были приведены в связь с идеями дискретной структуры вещества наследственности, сложилась современная научная генетика, центр которой образуют представления о ДНК и РНК с

их атомно-молекулярной (следовательно, дискретной) структурой.

Таким же образом законы Менделя свидетельствовали о том и могли быть истолкованы так, что в основе явлений наследственности лежат какие-то, тогда еще неизвестные дискретные процессы и образования. Поясним это наглядным примером. Допустим, что в закрытом ящике перемешано равное число одинаковых шаров — белых и красных. В этих условиях одинаково вероятно вынуть шар красный или белый (вероятность равна $\frac{1}{2}$). При повторном вынимании в среднем окажется, что если первый раз был вынут белый шар, то второй раз вынется и белый и красный. Точно такая же ситуация получится, если первый раз будет извлечен красный шар. Следовательно, при четырех выниманиях подряд двух шаров получатся четыре комбинации: (1) белый — белый, (2) белый — красный, (3) красный — белый и (4) красный — красный. Назовем первую комбинацию «белой», вторую и третью «розовой», четвертую «красной». В итоге получим менделеевские числа 1 : 2 : 1 или 1 : 3.

Но раз это так, то, значит, должны существовать у родителей какие-то единицы наследственности, распределение которых у потомков в принципе сходно с выниманием одинаковых, но разно окрашенных шаров из ящика. Иначе говоря, наследственность разыгрывается подобно некоторой игре, сходной с играми, основанными на теории вероятности. В этом направлении и развивалась мысль генетиков, стремившаяся разгадать скрытый смысл ряда чисел, аналогичных отношению 1 : 2 : 1 и 1 : 3. Это тот случай, когда числа природы толкают мысль ученых к научным открытиям.

17) *Определение числа степеней свободы в физико-химической системе. Гиббс.* Допустим, что мы имеем систему из b различных веществ (A , B , C и т. д.) в качестве ее составных частей. Допустим далее, что между ними происходят q обратимых химических реакций типа $A+B \rightleftharpoons AB$. Если известны концентрации c двух из них (например, A и B), то c третьего вещества, участвующего в реакции (в данном случае AB), однозначно определена уже известными c веществ A и B . Точно так же, если даны c для A и AB , то c для B этим уже определена. Короче, если известны c для двух любых участников такой реакции, то тем самым c для третьего участни-

ка уже определена: она не может быть произвольной, а оказывается зависимой от первых двух s . Другие же две s выступают как независимые. Число таких независимых s Гиббс назвал числом компонентов n . Следовательно, компонент — это не определенное вещество, а лишь одно из тех, s которого выбрана за независимую переменную. Это число $n = b - q$.

Следовательно, тут имеется известная доля произвола в смысле возможности выбора компонентов, но эта «произвольность выбора относится только к природе, а не к числу компонентов; выбор мог быть сделан только в отношении того, какие, а не сколько составных частей следует рассматривать в качестве компонентов...»²⁸. Тем не менее чисто математическое понятие независимой переменной величины (s) приобрело у Гиббса достаточно конкретный смысл (даже при условии его неопределенности в известных пределах) и выступило в форме физического понятия «компонент». Компонентом стали называть вещество, обладающее независимо изменяющейся s .

Такой же точно математический подход, учитывающий число независимых переменных, Гиббс применил и к анализу равновесных гетерогенных физико-химических систем, состоящих из одной или нескольких фаз. Допустим теперь, что дана система, образованная n компонентами, распределенными между r фазами. Следовательно, речь идет о концентрациях s каждого из n компонентов в каждой из r фаз. Всего получается $r(n - 1)$ переменных l . Кроме того, имеются еще две переменные — T и p , «так что окончательно система из n компонентов обладает $r(n - 1) + 2$ переменными»²⁹.

А дальше идет главное, а именно следующее чисто математическое рассуждение: число уравнений, k , выражающих существующие в системе равновесия, не должно быть больше числа переменных l , а должно быть либо равно, либо меньше l , иначе говоря, должно быть соблюдено условие $k \leq l$. Для рассматриваемой системы $k = n(r - 1)$. Отсюда получается: $n(r - 1) \leq r(n - 1) + 2$ или $r \leq l + 2$. Следовательно, число фаз l не должно

²⁸ Финдлей А. Правило фаз и его применение. М., ГНТИ, 1932, с. 18.

²⁹ Там же, с. 23.

быть больше числа компонентов n плюс 2. Это знаменитое «правило фаз» Гиббса. Оно может быть выражено в понятии *число* степеней свободы f -системы, т. е. число f ее свойств, которые можно изменять произвольно, не нарушая ее равновесия: $f = n - r + 2$.

По этому поводу говорится: «Чтобы вполне определить состояние системы, необходимо иметь столько же уравнений, сколько имеется переменных. Если уравнений имеется меньше, чем переменных, то вследствие недостатка в их числе одна или более переменных останутся неопределенными; величины этих переменных должны быть назначены прежде, чем система будет полностью определена. Число этих неопределенных величин составляет число степеней свободы системы»³⁰.

Следовательно, здесь все время оперируют *числами*: компонент — это *число* независимых составных частей; *число* фаз не может быть больше числа *компонентов* плюс 2; *число* степеней свободы показывает, на сколько единиц число n плюс 2 превышает *число* фаз r . Последнее вытекает из того, что число уравнений не должно быть больше числа переменных.

Мысль ученых за этими чисто числовыми отношениями отыскала реальный, физический смысл: величина f показывает, *сколько* свойств системы (s , p , T) можно произвольно изменять, не нарушая при этом общего равновесия системы. Число таких свойств равно численному значению степеней свободы системы.

Так по-особенному раскрывается соотношение между числом и мыслью, причем и здесь мысль ученого позволяет раскрывать материальную, физическую сущность числовых, казалось бы, совершенно абстрактных выражений.

5. Ложная или неполная разгадка смысла числа и его предчувствование как незавершенное предвидение

18) *Непонятное отрицательное число и его объяснение как перевертывание. Шталь. Пристли. Шееле. Лавуазье.* Немецкий химик Г. Э. Шталь на рубеже XVII

³⁰ Финдлей А. Правило фаз и его применение, с. 23.

и XVIII веков создал теорию флогистона — первую, но ложную теорию химических процессов.

Согласно этой теории сущность горения состоит в выделении из горящего тела мифической «материи огня» — флогистона. Простые, а потому и горючие или окисляемые тела рассматривались как сложные, образованные соединением соответствующей окарины или кислоты с флогистоном. Считалось, что во время горения флогистон вырывается наружу из горящего тела в виде пламени.

Когда возникла теория флогистона, то химия еще находилась на этапе своих качественных исследований. До наступления следующего за ним этапа количественных исследований оставалось по меньшей мере полвека. Никаких особых непонятных противоречий внутри нового, флогистонного учения поначалу не обнаруживалось. Химикам можно было до поры до времени держаться шталевского представления о том, что при горении из горящих тел выделяется мифический флогистон.

Но вот в середине XVIII в. в лабораторию химиков прочно вошли весы. С их помощью было установлено, что продукты горения весят *больше* (а не меньше!), нежели весили исходные вещества. Получалось так, что потеря горючими телами их флогистона сопровождается не уменьшением, а увеличением их веса! Такое странное, с точки зрения шталевской теории, явление можно было объяснить, если придерживаться этой теории, одним-единственным путем: надо было допустить, что флогистон обладает отрицательным весом.

В самом деле, получается следующий ряд экспериментальных данных: сера S, весящая, скажем, 100 гран и содержащая флогистон, сгорая, образует сернистый газ; при этом увеличивается вес того, что остается (или получается) после ухода флогистона, ровно вдвое, до 200 гран. Это могло бы быть только в том случае, если флогистон, содержащийся в исходной сере, весил минус 100 гран. На таком основании объединяется в виде уравнения ряд чисел: 100 гран S *минус* 100 гран флогистона = 200 гран сернистого газа.

Но было уже хорошо известно, что все тела природы обладают положительным весом и что признание отрицательного веса было бы nonsensom.

Это противоречие не могло быть преодолено мыслью химиков в рамках теории флогистона. Только через отказ от нее могло быть найдено решение возникшей трудности и объяснено рациональное появление отрицательного числа в химических уравнениях, относящихся к процессам горения и окисления.

Это и совершил французский химик А. Л. Лавуазье. Он показал, что при горении из горящих тел что-то не выделяется в виде мифического флогистона, но что к ним присоединяется нечто весомое, содержащееся в воздухе. К такому выводу пришла еще раньше мысль Ломоносова.

В 1774 г. английский химик и философ Дж. Пристли открыл эмпирически новый газ (будущий кислород), который активно поддерживает горение. Поэтому Пристли назвал его «дефлогистинированным воздухом», т. е. освобожденным от флогистона. Одновременно такое же открытие сделал упомянутый выше Шееле.

Опираясь на это эмпирически сделанное открытие, Лавуазье доказал, что именно кислород, вполне весомый и содержащийся в воздухе, присоединяется к горящим и окисляющимся веществам и увеличивает их вес, точнее сказать, вызывает увеличение веса продуктов химической реакции по сравнению с весом исходных веществ. Соответственно с этим составил совершенно другой ряд чисел, который являлся предыдущим, но в перевернутом виде:

100 гран S *плюс* 100 гран O = 200 гран SO₂.

Секрет с отрицательным весом был разгадан теперь до конца.

Следовательно, картина складывается такая: ложная теория помогла химикам накопить фактические числовые данные, но, будучи ложной, не смогла раскрыть истинный смысл этих чисел. Чтобы сделать это, надо было правильно мыслить, что мы и видим на примере Лавуазье. По поводу этого Энгельс писал: «...в химии флогистонная теория своей вековой экспериментальной работой впервые доставила тот материал, с помощью которого Лавуазье смог открыть в полученном Пристли кислороде реальный антипод фантастического флогистона и тем самым ниспровергнуть всю флогистонную теорию. Но это отнюдь не означало устранения опытных результатов флогистики. Наоборот, они продолжали су-

ществовать; только их формулировка была перевернута, переведена с языка флогистонной теории на современный химический язык...»³¹

Таким образом, мы видим здесь сначала оригинальное сочетание найденного числа и неразгаданного, вернее ложно истолкованного его смысла, а затем нахождение правильной мыслью ученого столь же оригинального выхода из этой ситуации.

19) *Нащупывание истины при неправильной мысли. Карно. Майер. Клаузиус.* Аналогичная ситуация сложилась и в физике XVIII и первой половины XIX в. В учении о теплоте господствовала тогда ложная теория теплорода, причем теплород выступал как мнимая невесомая жидкость, или невесомый флюид. В 1824 г. французский инженер Сади Карно на основе этой теории создал работу «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу». В своей работе Карно пользовался особой функцией c , смысл которой оставался темным, пока дело шло о теплороде. Только механическая теория теплоты, созданная в первой половине 40-х годов немецким врачом Ю. Робертом Майером и другими учеными, позволила устранить мифический теплород и раскрыть истинный физический смысл величин, которыми оперировал Карно. С позиций термодинамики реальный смысл идей и открытий Карно показал немецкий физик Р. Клаузиус. По этому поводу Энгельс писал, что Карно был одним из тех, кто в учении о теплоте расчистил «путь для правильной теории, которой оставалось только перевернуть открытые ее предшественницей законы и перевести их на свой собственный язык». И Энгельс добавляет, что «фигурирующая у Карно функция C была в буквальном смысле перевернута: $\frac{1}{C}$ = абсолютной температуре. Если ее не перевернуть таким образом, с ней нечего делать»³².

В другом месте Энгельс отметил, что Карно «...носом наткнулся на механический эквивалент теплоты (см. значение его функции C), которого он не мог открыть и увидеть лишь потому, что верил в *теплород*. Это является также доказательством вреда ложных теорий»³³.

³¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 372.

³² Там же.

³³ Там же, с. 544.

Таким образом, и в области физики, даже при ложно направленной мысли ученого, могут накапливаться нужные числовые данные, смысл которых, однако, не раскрывается до конца. Он может быть установлен лишь отказом от ложного направления мысли, в частности, путем «перевертывания» теоретических представлений, выработанных ранее с помощью неправильного мышления ученых. Это дает еще один пример оригинального рационального решения запутанного до тех пор взаимоотношения между числом и мышлением, когда ученый «носом наткнулся» на истинный смысл найденных им чисел, но не в состоянии увидеть и понять его, так как мыслит неправильно.

20) *Неразгаданный смысл эмпирической таблицы чисел и закон как разгадка. Одлинг. Мейер. Ньюлендс. Менделеев. Бунзен.* Попытки составить общую систему элементов в виде таблицы, где элементы располагались бы по величине атомного веса, были предприняты еще до Менделеева. Одним из первых был английский химик У. Одлинг. В 1864 г. он составил таблицу, расположив элементы в порядке возрастания их атомных весов. Но у него получились чисто числовые отношения, и он обратил внимание на арифметическую правильность в увеличении атомных весов, не догадываясь о скрытом за ними законе природы. Поэтому Одлинг вскоре отказался от попытки располагать элементы в таком порядке и перешел к поискам их системы, составленной на иной основе.

Дальше Одлинга пошел немецкий химик Ю. Л. Мейер, который в том же 1864 г. составил чисто эмпирическим путем таблицу элементов, располагая их по атомному весу. Но никаких теоретических выводов и обобщений он отсюда не сделал и никакого закона природы, скрытого за найденным им рядом чисел (атомных весов), он не увидел.

Истинный смысл составленного ряда чисел (атомных весов) в виде скрытого в них закона природы впервые увидел Менделеев. К такому открытию до него приближался английский химик Дж. А. Ньюлендс. Он заметил, что у элементов, расположенных в ряд по величине атомного веса, обнаруживается повторяемость химических свойств через каждые семь элементов, т. е. так, как это имеет место в музыкальной гамме, где нота «до» повторяется кратное число раз через семь

других нот. Эту зависимость он поэтому назвал «законом октав».

Насколько, однако, чужда была мысли химиков того времени идея о законе природы, лежащем в основании числового ряда атомных весов элементов, показывают два факта. Первый — когда Ньюлендс доложил на собрании Лондонского химического общества о сделанном им открытии, один из присутствовавших членов общества задал ему издевательский вопрос: не попытался ли Ньюлендс открыть новый закон, располагая элементы по алфавиту (т. е. по первым буквам их названий)?

Второй факт — немецкий химик Р. Бунзен сказал, что, подбирая числа из биржевого листка, он может составить сколь угодно много систем, подобных менделеевской.

Эти факты свидетельствуют не только о неспособности неправильного узкоэмпирического мышления увидеть и понять скрытый за рядом чисел закон природы, но даже о его неспособности признать правомерность образования такого ряда чисел.

Периодический закон как новый истинный закон природы впервые увидел и открыл Менделеев. Впоследствии он писал: «...Увидев периодический закон, я со своей стороны (1869—1871) вывел из него такие логические следствия, которые могли показать — верен он или нет. К числу их относится предсказание свойств неоткрытых элементов и исправление атомных весов многих, мало в то время обследованных элементов»³⁴.

В противоположность этому Л. Мейер писал о периодическом законе, что «было бы поспешно изменять доныне принятые атомные веса на основании столь непрочного исходного пункта»³⁵.

Это означало, что Л. Мейер не верил, что открыт новый объективный закон природы. Когда же он стал претендовать на приоритет данного открытия, ссылаясь на то, что его таблица элементов была составлена раньше менделеевской, то Менделеев ответил: верно, что раньше, однако ее автор (Л. Мейер) не увидел в ней никакого закона, т. е. вообще не сделал того открытия, на приоритет которого он претендовал. В таблице

³⁴ Менделеев Д. И. Периодический закон, с. 323.

³⁵ Там же,

Л. Мейера был только голый числовой ряд атомных весов без раскрытия его физического смысла. Разъясняя этот спорный вопрос, Менделеев писал, что «Л. Мейер раньше меня не имел в виду периодического закона, а после меня нового к нему ничего не прибавил» и что он «был первый немецкий химик, понявший внешнюю сторону моих мыслей относительно периодического закона», внутреннего смысла которого «он, однако, не понял...»³⁶.

Здесь мы видим, что обычно сложный и запутанный вопрос о приоритете надо приписать не тому, кто раньше других (по времени) составил ряд эмпирических чисел, а тому, кто первый (хотя и после других, составлявших этот ряд) увидел и понял рациональный смысл этого ряда; иначе говоря, кто не просто смутно предчувствовал скрытую истину, а первый ее нашел и раскрыл, т. е. сделал научное открытие.

Таким образом, выяснение соотношения между числом и мыслью позволяет правильно ставить и решать приоритетные вопросы.

21) *Своеобразно раскрытая мысль сущность найденного числа. Дирак. Андерсон. Жолио-Кюри.* Мы уже видели примеры того, как правильно работающая мысль ученого в поисках физического смысла найденных чисел приходит к раскрытию сущности наблюдаемого явления. Однако случается иногда и так, что мысль ученого, встав было на такой путь, вдруг уклоняется куда-то в сторону от начального правильного пути к истине и вместо действительной сущности приводит к некоторому подобию с ней.

Так это случилось с английским физиком-теоретиком П. А. М. Дираком. Работая над релятивистской теорией движения электрона, он в 1928 г. получил уравнение, содержащее квадратный корень, который следовало извлечь из некоторых физических величин. Присутствие квадратного корня создало для Дирака поначалу серьезное затруднение, получившее название «плюс-минус трудность». Однако Дирак справился с этим затруднением и вывел в результате извлечения квадратного корня из указанных величин два числа: одно с плюсом, другое с минусом.

³⁶ Менделеев Д. И. Периодический закон, с. 403.

Оказалось, что число с минусом представляет собой электрон, т. е. частицу отрицательного электричества. А что же представляло собой второе число? Вполне можно было допустить, что аналогичное число с плюсом представляет собой какую-то еще неизвестную частицу, во всем подобную электрону, но несущую положительный заряд.

Однако мысль Дирака пошла по другому пути: обнаружив, по сути дела, в полученных им числах «след» или признак будущего позитрона, Дирак рассудил так: электрон рождается в некотором «фазовом пространстве», из которого, родившись, он вырывается в виде отдельной вещественной частицы. Когда же он уходит оттуда, то на его месте образуется как бы «дырка» в исходном «фазовом пространстве». Подобная «дырка» и оказалась в глазах Дирака эквивалентом того второго решения исходного уравнения с квадратным корнем, которое дало то же число, как и для электрона, но со знаком плюс. С нею Дирак связал представление о каких-то «отрицательных энергиях», реальный физический смысл которых, равно как и самих «дырок» в «фазовом пространстве», долгое время оставался нераскрытым. Было ясно лишь одно, что электрону противостоит какой-то еще неизвестный его антипод. Но и это было уже крупным открытием, так что Дираку правильно приписывается если не предвидение будущего позитрона в качестве античастицы электрона, то его предчувствие.

Интересно отметить, что Дирак считал возможным такой случай, когда электрон вновь заполняет «дырку», образованную вследствие ухода электрона из «фазового пространства». Вследствие этого исчезают одновременно и электрон и «дырка». Этим Дирак предугадал, правда весьма смутно, явление аннигиляции вещественной «пары» — электрона и позитрона — и их превращение в электромагнитное поле (гамма-излучение).

В 1932 г. американский физик К. Д. Андерсон в потоке космических лучей обнаружил позитроны, во всем похожие на электроны, но отличающиеся от них по положительному электрическому заряду. Это была та реальная физическая сущность, которую мысль Дирака сумела нащупать, натолкнувшись на нее через найденные Дираком числа, но не сумела ее до конца расшиф-

ровать. Это сделала сама экспериментальная физика в лице Андерсона.

Вскоре после этого Ф. Жолио-Кюри обнаружил явление «аннигиляции пары», также предугаданное Дираком. Если бы, решая свое уравнение, Дирак мыслил как физик в той же степени как и математик, возможно, что свои предчувствия будущего позитрона и его взаимоотношений с электроном он смог бы выразить более конкретно, соответственно самой физической действительности, но не ее отражению в абстрактно-математических представлениях.

22) *Разгадка расхождения двух чисел у одного и того же вещества. Кавендиш. Рэлей. Рамзай. Менделеев.* В истории науки иногда случается так, что измерения одного и того же свойства у одного и того же вещества, но проведенные в разных условиях, дают устойчиво не совпадающие между собой числовые результаты. Разгадка таких расхождений может привести порой к замечательным открытиям, когда полученные числа и пытливая мысль ученого работают согласованно между собой.

Так это и произошло с определением плотности азота. Еще во второй половине XVIII в. английский химик Г. Кавендиш обнаружил, что газообразный азот, выделенный химическим путем из азотистых соединений, имеет плотность меньшую, нежели атмосферный азот. Получились два устойчиво различных числа для одного и того же свойства азота. Сам Кавендиш не мог этого объяснить, и обнаруженное им расхождение более ста лет не привлекало внимания ученых.

Но вот в конце XIX в. английский физик Дж. Рэлей проверил измерение Кавендиша и получил два устойчиво расходящихся числа. Мысль ученого, стараясь найти объяснение расхождению двух чисел, выдвинула предположение: поскольку атмосферный азот обладает более высокой плотностью, нежели химически чистый, полученный из соединений азота, можно допустить, что к атмосферному азоту примешан какой-то еще неизвестный газ с большей плотностью по сравнению с чистым азотом. Этот неоткрытый еще газ должен быть химически совершенно инертным, иначе химики его давно открыли бы в атмосфере.

Свое предположение Рэлей сообщил английскому химику У. Рамзаю, и они вместе стали исследовать то

вещество, которое остается при удалении из воздуха O_2 , N_2 , не говоря уже о всех остальных газах. Так, в остатке после проведения всех этих операций они обнаружили в 1894 г. новый, химически совершенно недеятельный газ, который называли аргоном. Его плотность оказалась (по водороду) около 20 при плотности азота около 14; его атомный вес оказался равным 39,9.

Но для такого элемента не находилось места в периодической системе элементов. Найденные числа для атомного веса и для нулевой атомности аргона исключали возможности включения его куда бы то ни было в менделеевскую систему: между $K=39,1$ и $Ca=40,0$, куда аргон должен был встать по величине своего атомного веса, не было свободного места. Атомность же его, равная 0 (т. е. отсутствие способности вообще вступать в химические соединения), не позволяла его включать ни в одну из известных групп, атомность элементов которых имела значения от 1 до 8.

Вот почему мысль Менделеева долгое время отказывалась признать химическую элементарность аргона. Его мысль выдвинула гипотезу, что аргон есть азот, молекула которого состоит из трех атомов: N_3 , подобно озону O_3 . В таком случае его плотность (по водороду) будет около 21, а молекулярный вес, принимаемый за атомный вес аргона, около 42, что близко к тем числам, которые были найдены для аргона.

Но на самом деле был открыт новый химический элемент и из сопоставления двух рядов чисел: атомный вес 39,9, плотность около 20 и соответственно — 42 и около 21 — второй (менделеевский) оказался неверным. Вскоре, как увидим ниже, это вынужден был признать и сам Менделеев.

Посмотрим, как это произошло.

23) *До конца не разгаданный ряд чисел и его позднейшая разгадка. Менделеев. Рамзай. Траверс. Эррера.* Мы уже говорили о том, что самая суть открытия Менделеевым периодического закона состояла в отказе от первоначального (жераровского) принципа располагать элементы в ряд по величине их атомности и в переходе к более научному и объективному принципу располагать их в порядке возрастания их атомного веса.

Однако, открыв свой закон и составив периодическую систему элементов в согласии с закономерной последовательностью атомных весов, Менделеев не забыл

и об атомности, хотя теперь он рассматривал ее в качестве подчиненного (по сравнению с атомным весом) признака элементов.

В одной из его черновых таблиц, составленных сразу же после открытия периодического закона, он разделил все легкие элементы (до Ca включительно) на два ряда: 1-й — нечетноатомные и 2-й — четноатомные (или двуатомные). Оказалось, что в первом ряду (нечетноатомных) разность в атомном весе двух смежных нечетноатомных элементов равна 4 (кроме трех случаев из девяти). Например, в ряду четноатомных элементов в одном и том же месте (между VI и II группами) оказался разрыв на 8 единиц, т. е. ровно в два раза больше обычного, равного 4:

1 - й ряд разности	{ H Li B N F Na Al P Cl K									
	{ 1 7 11 14 19 23 27 31 35 39									
	{ (6) (4) (3) (5) (4) (4) (4) (4) (4) (4)									
2 - й ряд разности	{ Be C O Mg Si S Ca									
	{ 9 12 16 24 28 32 40									
	{ (9) (3) (4) (8) (4) (4) (8)									

Кроме того, создавалось впечатление, что во втором ряду (четноатомных элементов) словно отсутствует начальный член ряда³⁷. Поэтому Менделеев поставил сюда условно молекулярный водород H_2 и получил разницу между Be и H_2 , равную 7. Но включение сюда H_2 подразумевало, что тут должен стоять какой-то еще неизвестный элемент с атомным весом большим 1 и меньшим 7.

Но как быть с двумя восьмерками (между O и Mg и между S и Ca)? Мысль Менделеева выдвинула исключительно смелую догадку: здесь должны стоять два неизвестных еще элемента: $X=20$ (в промежутке между $O=16$ и $Mg=24$) и $X=36$ (между $S=32$ и $Ca=40$). Тогда разность в атомных весах будет и здесь равна 4. Причем все неизвестные элементы относятся к числу четноатомных. Здесь перед нами предвидение или, точнее сказать, нащупывание будущих гелия $He=4,0$, неона $Ne=20$ и аргона $A=36$, причем такое нащупывание

³⁷ Составляя эту таблицу, Д. И. Менделеев округлял значения атомных весов,

их мыслью Менделеева осуществлено путем составления особым способом двух параллельных рядов чисел атомных весов и нахождения между ними численных арифметических разностей, из которых составились еще два ряда чисел, где доминируют четверки. Анализ именно этих двух последних рядов чисел (разностей в атомных весах в смежных по ряду элементов) и навел мысль Менделеева на догадку о существовании трех неизвестных четноатомных элементов.

Но этим анализ менделеевской мыслью составленных ею числовых рядов не исчерпывался. Вслед за тем Менделеев подсчитал общее число нечетно- и четноатомных элементов, входящих в малые периоды. Для малого периода $\text{Li} - \text{F}$ и для периода $\text{Na} - \text{Cl}$ он получил: на 4 нечетноатомных элемента приходится только 3 четноатомных. Но если бы элементы $\text{H}_2=2$, $\text{X}=20$ и $\text{Y}=36$ были бы открыты, то число тех и других (нечетно- и четноатомных) в пределах каждого малого периода сравнялось бы (стало равным 4).

Более того, мысль Менделеева была на пути к тому, чтобы предвычислить, что атомность предчувствуемых и нащупываемых элементов должна быть равна 0. В самом деле, для данных, выражающих число групп (четно- и нечетноатомных) в каждом из двух малых периодов с учетом H и начала первого большого периода (K и Ca), Менделеев получил следующую картину: для нечетноатомных групп имеем значения атомности 1 для группы I, 3 для групп III и V и снова 1 для группы VII. Значит, получился ряд чисел: 1 3 3 1.

Для четноатомных групп имеем 2 для группы II, 4 для группы IV и снова 2 для группы VI. Значит, ряд чисел здесь будет другой: 2 4 2. Если неизвестные, но предчувствуемые Менделеевым четноатомные элементы обозначить через x , то общий ряд чисел, объединяющий оба предыдущих ряда и будущие элементы x , представит в таком виде:

1 x 1 2 3 4 3 2 1 x 1 2 3 4 3 2 1 x 1 2

Совершенно ясна тенденция изменения атомности: в середине каждого периода атомность имеет максимум ($=4$). При движении вдоль периода от его середины к обоим его концам атомность уменьшается каждый раз на 1 и достигает минимального численного значения в каждом конце периода ($=1$). Поэтому если экстра-

полировать дальше этот процесс, причем за пределы обоих концов периода, то при данной тенденции x может быть только нулем (на 1 меньше 1!).

Так замечательно интересно развернулась было у Менделеева проблема соотношения между числом и мыслью по линии предугадывания x -элементов и их свойств.

Однако мысль Менделеева, двигавшаяся в таком направлении, произведя приведенные числовые расчеты, остановилась и дальше не пошла: уж очень неправдоподобным должно было казаться в 1869 г. допущение каких-то x -элементов да еще с нулевой атомностью. Прервав свои исследования, начатые в этом направлении, Менделеев полностью о них забыл. Он не вспомнил о них даже тогда, когда был открыт $A=39,9$, в котором реализовался нащупанный было им x -элемент $=36$.

Но вот в 1895 г. английский химик У. Рамзай открывает второй инертный газ гелий ($He=4,0$), в котором реализовался нащупанный было Менделеевым x -элемент, обозначенный как $H_2=2$. Значит, аргон не одинок, и, возможно, существует целая группа инертных газов. Но Менделеев не сдаётся, продолжая отрицать химическую элементарность аргона.

Рамзай же продолжает свои исследования вместе с английским химиком М. Траверсом. Мысль Рамзая работает по-менделеевски: если допустить, что в периодической системе существует особая группа инертных элементов, то по двум крайним ее членам можно предсказать средний. При этом надо только правильно оперировать числами. Так, если известны два числа $He=4,0$ и $A=39,9$, то среднее будет ≈ 22 , как это можно предположить для x -элемента, стоящего между $F=19$ и $Na=23$ (это был бы нащупанный Менделеевым x -элемент $=20$).

Правильность этого своего предвидения Рамзай полностью подтвердил, открыв в 1898 г. третий инертный газ неон $Ne=20,2$. В том же году он открыл еще два более тяжелых инертных газа — криптон $Kr=83,7$ и ксенон $Xe=131,1$. В 1900 г. бельгийский химик Эррера предложил ввести в периодическую систему новую — нулевую — группу для всех пяти открытых инертных газов, и это предложение было горячо одобрено Менделеевым; с этого момента инертные газы *нашли свое место* в об-

щей системе элементов, а потому отпадало возражение против признания их химической элементарности, в том числе и в случае аргона.

24) *Ошибочная экстраполяция за пределы истинного. Менделеев.* Вскоре после открытия периодического закона Менделеев сделал в одной из таблиц своей системы элементов запись над водородом $H=1$: «Легче всех эфир». Мировой (или световой) эфир он считал тоже химическим элементом, обладающим очень малым атомным весом.

Когда же были открыты инертные газы и образована 0-группа, он высказал предположение, что в этой группе существуют еще два легчайших инертных газа, одним из которых является мировой эфир.

Явление радиоактивности, открытое в 1896 г., стало объясняться как распад атомов, как превращение элементов. Менделеев решительно возражал против такого взгляда. Он считал, что радиоактивный процесс — это выделение веществом поглощенного им перед тем мирового эфира.

В 1902 г. Менделеев в работе «Попытка химического понимания мирового эфира» развил свои представления о мировом эфире как о легчайшем химическом элементе. Для этого он попытался, во-первых, определить место подобного x -элемента в общей системе элементов, а во-вторых, его предполагаемый атомный вес.

Отвечая на первый вопрос, Менделеев отвел x -элементу первое место в 0-ряду и 0-группе, поставил всю 0-группу не после VIII, а перед I. После долгих вычислений скорости, с какой должны двигаться атомы x -элемента, т. е. атомы мирового эфира, Менделеев пришел к выводу, что «вес атома x искомого легчайшего элементарного газа, могущего наполнять вселенную и играть роль мирового эфира, должно принять в пределе (по формуле II):

от 0,000 000 96 до 0,000 000 000 053, если атомный вес $H=1$ »³⁸.

Менделеев оговаривается, что второе предельное число он считает невозможным. Элемент же x он предполагает назвать «ньютоний».

Откуда взялись приведенные числа для атомного веса предполагаемого ньютония?

³⁸ Менделеев Д. И. Периодический закон, с. 511.

Прежде всего Менделеев находит отношения атомных весов у инертных газов в 0-группе, куда он ставит и x -элемент: « $\text{He} : \text{Kr} = 1,56 : 1$, $\text{Kr} : \text{Ar} = 2,15 : 1$ и $\text{Ar} : \text{He} = 9,50 : 1$, то по параболе 2-го порядка найдем, что отношение $\text{He} : x = 23,6 : 1$, т. е. если $\text{He} = 4,0$, величина атомного веса $x = 0,17...$ »³⁹.

Но для x (=мирового эфира) это было бы очень много. Поэтому Менделеев ищет способы ее уменьшить и выводит формулу

$$v = 1843 \sqrt{\frac{2(1 - \alpha T)}{x}}.$$

«В этом выражении,— пишет он,— x есть искомая величина веса атома, для определения которого надо знать, во-первых, T , а во-вторых, v , т. е. такую скорость, которая допустила бы возможность движущимся частицам вырываться из сферы притяжения земли, солнца и звезд или приобрести скорость того порядка, с которою в рассказе Жюль Верна задумано было пустить с земли ядро на Луну»⁴⁰.

Из формулы Менделеев (приняв определенные значения для T мирового пространства и для коэффициента x) получает: $v = \frac{2191}{\sqrt{x}}$, откуда и вытекает формула: $x = \frac{4\,800\,000}{v^2}$.

Но несмотря на сложные и весьма хитроумные вычисления, полученные числа для x полностью фиктивны, ибо в корне ошибочна исходная идея, порожденная мыслью Менделеева, о том, что мировой эфир (т. е. электромагнитное поле с его фотонами) есть химический элемент, которому можно отвести где-то в периодической системе элементов особое место и приписать сколь угодно малый, но конечный атомный вес.

Таким образом, числа, найденные неверно направленной мыслью и будучи фиктивными, не могут иметь никакого реального физического смысла.

То же самое касается и другого, предсказанного Менделеевым y -элемента, в котором он усмотрел элемент «короний», обнаруженный, казалось бы, в солнечной короне. Следуя тому же приему сопоставления чисел

³⁹ Менделеев Д. И. Периодический закон, с. 501.

⁴⁰ Там же, с. 503.

(атомных весов) в пределах разных групп, Менделеев обнаруживает возрастание такого их соотношения от $\text{Cl} : \text{F} = 1,86$ (группа VII) до $\text{Ne} : \text{He} = 4,98$ (группа 0) ⁴¹. Из сопоставления этих чисел следует, что соотношение атомных весов последовательно увеличивается при переходе от высших групп к низшим, «при том для 1 и 0-й группы оно изменяется наиболее быстро. Поэтому должно полагать, что отношение $\text{He} : y$ будет значительно более отношения $\text{Li} : \text{H}$, а это последнее $= 6,97$, следовательно, отношение $\text{He} : y$ будет по крайней мере $= 10...$ А потому... атомный вес y будет не более $4,0/10$, т. е. не более $0,4$, а вероятно еще менее этого» ⁴².

Но все подобное оперирование менделеевской мыслью найденными ею числами было лишено всякого основания, а сами числа оказались нацело фиктивными, так как никакого y -элемента в природе тоже не существует, как и x -элемента.

Мы умышленно так подробно разобрали соответствующие, оказавшиеся несостоятельными предсказания Менделеевым двух несуществующих элементов, чтобы показать, что даже такой великий ум, рождая неверную мысль, отрицающую сущность радиоактивности, может легко впасть в заблуждение и принять фиктивные числа за реальные.

25) *Новое число как ключ к разгадке неверного толкования сути наблюдаемого явления. Чадвик. Ферми. Ган. Штрассман.* Вскоре после того как английский физик Дж. Чадвик открыл нейтрон (1932 г.), итальянский физик Э. Ферми вместе со своими сотрудниками стал облучать уран медленными нейтронами. Как вторичная реакция после этого облучения началось бета-излучение, что должно было означать, что происходит сдвиг на одно место вправо, т. е. за пределы элемента, занимавшего до тех пор последнее (92-е) место в периодической системе. Ферми поэтому решил, что образуются трансураны, т. е. элементы с порядковыми числами 93 и выше. Такой вывод был сделан в 1934 г., и так продолжалось в течение пяти лет. Но вывод этот оказался ошибочным.

В конце 30-х годов в продуктах ядерной реакции, проводимой Ферми путем облучения урана нейтронами,

⁴¹ См.: Менделеев Д. И. Периодический закон, с. 495.

⁴² Там же, с. 496.

неожиданно был обнаружен барий Ва, имеющий заряд ядра $Z=56$. Казалось бы, он никак не мог попасть сюда. Его число ($Z=56$) требовало объяснения, и оно было дано в начале 1939 г. мыслью двух немецких физиков О. Гана и Ф. Штрассмана. Она сопоставила два числа: $Z=92$ для исходного урана и $Z=56$ для продукта ядерной реакции с ним. Отсюда сделан единственно возможный и абсолютно правильный вывод: при облучении урана ($Z=92$) происходит деление его атомного ядра на два осколка, одним из которых является Ва ($Z=56$). Значит, другим является ксенон Хе ($Z=36$), так как $92=56+36$.

Так мысль ученых объяснила истинное значение появления в продуктах ядерной реакции элемента с числом $Z=56$. В сопоставлении трех чисел, с одной стороны, 92, а с другой — 56 и 36, крылась разгадка того, что наступила эра атомной энергии.

Часть III. УСТРАНЕНИЕ МЫСЛЮ СМЫСЛОВЫХ РАЗНОГЛАСИЙ И ЧИСЛОВЫХ ОТСТУПЛЕНИЙ И ПАРАДОКСОВ В ИСТОЛКОВАНИИ ЧИСЕЛ

6. Преодоление теоретических разногласий и споров при истолковании числовых данных опыта различно мыслящими учеными

26) *«Первоначальный толчок» и его устранение из науки. Ньютон. Кант. Лаплас.* В конце XVII в. английский физик И. Ньютон проанализировал движение планет Солнечной системы вокруг Солнца. С этой целью он построил параллелограмм сил, образованный двумя составляющими его силами (векторами): он исходил из того, что одна из них действует по прямой, соединяющей планету с Солнцем; это сила, с какой Солнце притягивает к себе планету, и наоборот. Эта сила была вполне понятна, поскольку тот же Ньютон открыл закон всемирного тяготения. Вторая же сила была направлена в сторону по касательной к орбите движения планеты (по тангенциальному направлению), и природа ее не была известна. Такую картину Ньютон нарисовал в своих «Математических началах натуральной философии» (1687 г.).

Чтобы как-нибудь объяснить происхождение тангенциальной силы в Солнечной системе, Ньютон выдвинул следующую гипотезу: когда бог создал мир, Солнце, планету и соединяющую их силу тяготения, ему оставалось «завести» «мировые часы», т. е. привести в движение созданную им систему. Вот он и сообщил каждой планете толчок в тангенциальном направлении, заставив ее двигаться вокруг Солнца по нынешней ее орбите.

Ньютон мыслит неправильно. В соответствии с общими метафизическими взглядами на мир он полагал, что все в мире неизменно и что планеты сразу же после их создания и сообщения им божественного «первоначального толчка» стали двигаться по тем орбитам, по которым они продолжают двигаться сейчас и будут двигаться до скончания веков.

В 1755 г. немецкий философ И. Кант выпустил работу «Всеобщая естественная история и теория неба, или Опыт изложения и устройства и механического происхождения всего мироздания по принципам Ньютона». Опираясь на законы ньютоновской механики, Кант показал, что гипотеза о первом божественном толчке может быть отброшена при правильном мышлении, которое учитывает идею развития, а не стоит на позиции признания одной неизменности природы. Так, если принять, что в начале возникновения и развития нашей Солнечной системы имелась раскаленная вращающаяся первоначальная туманность, то можно допустить, что в дальнейшем внутри нее произошла дифференциация материи: в ее центре образовалось Солнце (центральное светило), а на ее периферии образовались планеты, двигающиеся в том же направлении, в каком вращалась первоначальная туманность. В итоге этой работы «вопрос о первом толчке был устранен; Земля и вся солнечная система предстали как нечто *ставшее* во времени»⁴³.

В конце XVIII в. космогоническую гипотезу Канта разработал математически французский математик и астроном П. Лаплас. С этого момента ряд количественных астрономических данных, которые мысль Ньютона истолковала неверно, получили правильное освещение. Это было достигнуто благодаря тому, что мысль таких ученых, как Кант и Лаплас, двигалась по верному пути.

⁴³ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 351.

По этому поводу Энгельс писал, что Ньютон в лучшем случае *«представляет наглядно современное состояние движения планет. Дано движение, дана также сила притяжения Солнца; как объяснить, исходя из этих данных, движение? Параллелограммом сил, тангенциальной силой, становящейся теперь необходимым постулатом, который мы должны принять. Это значит, что, предположив вечность существующего состояния, мы должны допустить первый толчок, бога»*⁴⁴. «Но и существующее состояние планетного мира не вечно, и движение первоначально вовсе не является сложным, а представляет собой *простое вращение*. И параллелограмм сил применен здесь неверно, поскольку он не просто выявлял наличие подлежащей еще нахождению неизвестной величины *х...*»⁴⁵.

Так, с помощью методологически правильно работавшей мысли ученых удалось разрешить этот спорный вопрос, касавшийся объяснения генезиса определенных количественных отношений в современной Солнечной системе.

27) Спор о возможности образования «земли» из воды. Аристотель. Лавуазье. Шееле. Еще в древности Аристотель выдвинул идею, что весь мир образован четырьмя стихиями. Это — вода, воздух, огонь и земля. Каждая стихия образована той или иной парной комбинацией из четырех качеств: сухое или мокрое, горячее или холодное. Так, вода есть соединение холодного с мокрым, а земля — холодного с сухим. Заменяя в воде «мокрое» на «сухое» под воздействием огня, который есть соединение сухого с горячим, мы можем превратить воду в землю.

Сторонники аристотелевского учения (перипатетики) даже во второй половине XVIII в. утверждали, что будто бы такое превращение воды в землю наблюдается реально, на опыте. Они ссылались на тот факт, что если воду долго кипятить в стеклянном сосуде, то на его дне образуется землистый осадок. Откуда он взялся? Химики-перипатетики отвечали: это — из воды, частично превращенной якобы в землю.

Французский химик А. Л. Лавуазье взялся проверить этот опыт с целью опровергнуть объяснение, данное пе-

⁴⁴ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 588.

⁴⁵ Там же, с. 589.

рипатетиками. Он тщательно взвесил перед кипячением отдельно воду и сухую стеклянную реторту. Затем он кипятил воду в реторте с обратным холодильником (чтобы не потерять ни одной капли воды) в течение 100 дней, а затем взвесил всю систему целиком, т. е. реторту, воду и образовавшийся в воде землистый осадок: оказалось, что суммарный вес всей системы остался прежним. Лавуазье из этого числового совпадения общего веса до и после опыта сделал правильный вывод: к системе ничего не прибавилось и из нее ничего не было.

Затем Лавуазье взвесил воду, вес ее не изменился. Значит, вся вода сохранилась и никакого ее превращения в «землю» не произошло.

Наконец, была взвешена реторта, и выяснилось, что ее вес уменьшился на 17,4 грана, что почти в точности совпало с весом высушенного землистого осадка, образовавшегося при кипячении воды. Лавуазье пришел к безошибочному выводу: землистый осадок образовался за счет частичного разрушения стекла реторты под воздействием долгого кипячения в ней воды.

Так был дан отрицательный ответ на вопрос: может ли вода превращаться в «землю»? С этих пор перипатетическое учение было окончательно изгнано из химии. Это позволило Лавуазье сделать из полученных, чисто числовых результатов неоспоримые теоретические выводы, которые легли в основу первой работы Лавуазье «О природе воды» (1770 г.).

Здесь мы видим образец того, как количественный метод, опирающийся на числа, приводит к более точным и надежным выводам, нежели чисто качественный метод исследования. Так, параллельно с Лавуазье этот же вопрос изучил шведский химик К. Шееле, но он шел иным путем, нежели Лавуазье: он проанализировал химический состав образовавшегося при кипячении землистого осадка и показал, что это силикат, возникший из разрушенного стекла. Но насколько метод, примененный Лавуазье, убедительнее, точнее и, если можно так выразиться, изящнее чисто качественного метода.

На этом примере хорошо видна взаимосвязь между мыслью и числом: мысль задумала план получения чисел, которые должны были ее подтвердить, и они ее подтвердили.

28) *Обобщающий вывод из отрицательных результатов опыта как разрешение научного спора. Бертолле Дальтон.* Упомянутый уже выше английский химик Дальтон 140 лет спустя после открытия закона Бойля столкнулся со сходной ситуацией, сложившейся в физике газов во времена Бойля. Но теперь, если можно так выразиться, эта ситуация выступила как бы в перевернутом виде по сравнению с той, которая возникла у Бойля. Дело в том, что вместе с созданием паровой машины возник вопрос о водяном паре: почему и как он образуется?

Французские химики во главе с Бертолле считали, что водяной пар притягивается воздухом и растворяется в нем, что, следовательно, при испарении воды между паром и воздухом происходит примерно такое же взаимодействие, как между растворенным веществом и растворителем при растворении поваренной соли в воде. В самом деле, при определенной температуре достигается известный предел при испарении (насыщенный раствор). В том и другом случае этот предел повышается при нагревании и понижается при охлаждении. Значит, это процессы в своей основе одинаковые — так умозаключили французские химики.

Против них решительно выступил Дальтон. Он исходил из того, что если бы это было так, то при увеличении количества воздуха вдвое в одном и том же объеме количество «растворенного» в нем водяного пара должно было бы тоже увеличиться вдвое, а этого не происходит: количество водяного пара остается прежним. Точно такая же картина обнаруживается и при уменьшении количества воздуха в данном объеме: количество пара остается все тем же. Удивительнее же всего, что испарение происходит в вакууме, т. е. при полном отсутствии растворителя, причем гораздо быстрее, нежели в его присутствии. Получаемое Дальтоном одно и то же число, показывающее, что во всех этих случаях давление насыщенного пара неизменно достигало одного и того же постоянного значения, дало возможность Дальтону сделать вывод: во-первых, никакого растворения воды в воздухе не происходит; во-вторых, давление одного газа в смеси с другим газом (т. е. его парциальное давление) не зависит от присутствия других газов; в-третьих, один газ в другом или в других ведет себя

как в пустоте. Это был известный закон Дальтона о парциальных давлениях.

Надо оговориться, что речь идет о газах, химически не взаимодействующих между собой.

Проанализируем теперь ход мысли Дальтона, направленной на то, чтобы разгадать смысл числовых результатов опытного измерения давления насыщенного пара воды в различных условиях. Если бы французские химики были правы, то полученные Дальтоном числа укладывались бы в построенную им числовую систему: чем больше воздуха в данном объеме (первое число), тем пропорционально больше должно присутствовать здесь же водяного пара (второе число), и наоборот. Другими словами, такая числовая система вытекала бы из того же приема бэконовской индуктивной логики «сопутствующих изменений», как и та, которой оперировал в свое время Бойль, только тогда речь шла об обратнопропорциональной зависимости, а теперь — о прямопропорциональной.

Тот факт, обнаруженный Дальтоном, что числа, наблюдаемые им опытным путем, совершенно не отвечали построенной наперед числовой системе, позволил Дальтону доказать ошибочность взглядов Бертолле и открыть один из основных законов физики газов. Тут мы опять видим своеобразное взаимодействие между числом, найденным экспериментально, и мыслью ученого. Устанавливая связь чисел, мысль находит разгадку их смысла.

29) *Вывод о борьбе за существование в природе. Мальтус. Дарвин.* Интересно теперь проследить, какие существенно различные выводы из одних и тех же, по существу, рядов чисел делают представители реакционной буржуазной науки и прогрессивного, передового естествознания. Речь идет о размножении в геометрической прогрессии, совершающемся, с одной стороны, в природе, а с другой — в человеческом обществе.

Еще в самом конце XVIII в. реакционный английский экономист Т. Р. Мальтус выпустил свой «Опыт о законе народонаселения, как его воздействиях на будущее улучшение общества» (1798). Мальтус перенес известные количественные соотношения, имеющие место в живой природе, на человека и распространил их на общество. В результате такого неправомерного толкования этих отношений он пришел к самым мрачным выводам,

а именно: число людей (население) растет в геометрической прогрессии, а средства существования, то, что дает земля,— в арифметической. Поэтому неизбежно должно наступить «абсолютное перенаселение». Этот свой вывод Мальтус объявил «естественным законом».

Этот фальшивый «закон» был опровергнут Ф. Энгельсом еще в начале 40-х годов XIX в. Рассматривая вопрос об отношении производительной силы к населению, Энгельс показал, «...насколько лишена какого бы то ни было основания общераспространенная боязнь перенаселения. Вся система Мальтуса построена на следующем расчете. Население возрастает якобы в геометрической прогрессии: $1+2+4+8+16+32$ и т. д., производительная сила земли — в арифметической прогрессии: $1+2+3++4+5+6$. Разница очевидная, устрашающая, но верна ли она?»⁴⁶

Энгельс показывает, что неверна. Не говоря уже о том, что рабочая сила, которая трудится на земле, возрастает с ростом населения, нужно учесть еще такой фактор, как наука, прогресс которой так же бесконечен и происходит, по меньшей мере, так же быстро, как и рост населения, «...население растет пропорционально численности последнего поколения, наука движется вперед пропорционально массе знаний, унаследованных ею от предшествующего поколения, следовательно... она также растет в геометрической прогрессии. А что невозможно для науки?»⁴⁷

И Энгельс подчеркивает, какими успехами обязано земледелие XIX в. одной только химии, даже только двум ученым — Г. Дэви и Ю. Либиху.

Таким образом, правильно работавшая мысль Энгельса связала ряды чисел и раскрыла, объяснила их смысл, тогда как ложно направленная мысль Мальтуса затемнила и исказила их смысл, дала им в корне неверное толкование.

В 1859 г. вышел в свет основной труд Ч. Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь». В этом труде Дарвин ссылается на Мальтуса и его «закон». Но если Мальтус незаконно перенес на общество числовые отношения (геометрическую про-

⁴⁶ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 1, с. 568.

⁴⁷ Там же.

грессию), наблюдаемые в природе и создающие здесь «перенаселение», то Дарвин перенес их обратно с общества на живую природу. Он заметил, что *число* зародышей жизни значительно превышает *число* выживших и созревших организмов. Значит, большая часть зародышей погибает, это факт. Но как это происходит? Дарвин ответил: происходит естественный отбор, в результате доживают до взрослого состояния («отбираются») более совершенные организмы, наиболее приспособленные к условиям жизни. Менее же приспособленные погибают.

Механизм такого отбора реализуется в борьбе внутри вида за жизнь, за существование, т. е. за пищу, свет, воздух, жизненное пространство.

Так мысль Дарвина объяснила *смысл* соотношения между огромным *числом* зародышей и гораздо меньшим *числом* выживающих существ.

По этому поводу Энгельс писал о том, что Дарвин искал в самой природе те причины, которые должны были вызвать в живых организмах изменения подобные тем, какие создаются искусственным отбором путем сознательного и намеренного воздействия селекционера. «Причины эти он нашел в несоответствии между громадным числом создаваемых природой зародышей и незначительным количеством организмов, фактически достигающих зрелости. Так как каждый зародыш стремится к развитию, то необходимо возникает борьба за существование, которая проявляется не только в виде непосредственной физической борьбы или пожирания, но и в виде борьбы за пространство и свет, наблюдаемой даже у растений. Ясно, что в этой борьбе имеют наибольшие шансы достичь зрелости и размножиться те особи, которые обладают какой-либо, хотя бы и незначительной, но выгодной в борьбе за существование индивидуальной особенностью... Напротив, особи, не обладающие такими особенностями, легче погибают в борьбе за существование и постепенно исчезают»⁴⁸.

Здесь ярко представлен механизм взаимодействия между эмпирически наблюдаемыми числами и правильно работающей мыслью ученого, раскрывающей их смысл.

⁴⁸ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 68, 69.

В недавнее время от имени «нового в учении о виде» было провозглашено иное, причем совершенно ложное толкование смысла дарвиновской теории. Было объявлено, будто никакой внутривидовой борьбы за существование в природе никогда не было и что такое утверждение, дескать, есть «мальтузианство». Расхождение же между числами зародышей и взрослых особей объясняется будто бы тем, что растения «самоизреживаются», как бы сами догадываясь, что им все равно тут не выжить, и они сами добровольно уходят из жизни, оставляют место для своих братьев по виду и в этом смысле «самоизреживаются».

Подобное в корне неверное, можно сказать, совершенно дикое толкование *числовых* отношений в природе происходило от глубоко неверного *смысла*, который приписывался этим отношениям. Так, ложно направленная мысль Мальтуса и сторонников «нового в учении о виде» искажала в самой основе отношение между числом и смыслом, поскольку вместо подлинного смысла подсовывалась явная бессмыслица. Напротив, Энгельс и Дарвин, оперируя правильным научным методом мышления, сумели раскрыть каждый в своей области истинное отношение между числом и смыслом.

История создания дарвиновской эволюционной теории показывает, каким образом выявление внутренней сущности, скрытой за непосредственно наблюдаемым отношением эмпирических чисел, может привести к великому открытию, составившему целую эпоху в развитии науки.

30) *Решение спора о сущности явления путем определения теоретически предсказанного числа. Беккерель. Супруги Кюри. Менделеев. Резерфорд. Содди, Рамзай.* Когда в 1896 г. французский физик А. Беккерель открыл явление радиоактивности, супруги Кюри — французский физик П. Кюри и польский химик М. Склодовская-Кюри — предположили, что носителем этого свойства является какой-то еще не открытый радиоактивный элемент. Они стали химически обрабатывать урановую руду и по показаниям (числам!) электроскопа определять, в какой фракции находится искомый элемент. По мере того как показания (числа!) электроскопа нарастали, это свидетельствовало об увеличении концентрации ожидаемого элемента. В конце концов в 1898 г. они его получили в чистом виде и назвали радием. Вскоре после

этого М. Склодовская-Кюри определила его атомный вес: $Ra=226$.

На этом примере мы видим, как согласованно работала мысль супругов Кюри, делая сначала правильные прогнозы, вырабатывая затем правильные приемы исследования и, наконец, приходя к верным результатам, подтверждающим выдвинутые вначале прогнозы.

После открытия Ra со всей силой разгорелись споры между химиками старой школы во главе с Менделеевым и представителями новой физики во главе с Резерфордом о физической природе радиоактивности.

Менделеев считал, что радиоактивные элементы излучают ранее поглощенный ими «мировой эфир». Когда было обнаружено, что Ra выделяет гелий — He , Менделеев и тут допустил, что Ra раньше поглотил He , а теперь выделяет его. При этом он указал на то, что ученые располагают солями Ra в микроскопических количествах (весовых числах), что мешает проведению опытов и проверке их результатов, тогда как до тех пор химии привыкли иметь дело с макроколичествами изучаемого вещества. Он писал в 1906 г.: «Вообще считаю долгом посоветовать большую осторожность в суждениях о радиоактивных явлениях... потому что никто не имел в руках еще граммов радия, и даже миллиграммы его добываются с великим трудом...»⁴⁹

Английские физики Э. Резерфорд и Ф. Содди придерживались прямо противоположной точки зрения. Они считали радиоактивный процесс распадом атомов, превращением химических элементов. Но как это было доказать? Они изучили эманацию радия Em (будущий радон), которую выделяет Ra , равно как и выделяемый им He в виде альфа-частиц, и пришли к заключению, что Ra распадается на Em и He . Такую мысль они высказали в 1902 г. Но как ее подтвердить экспериментально? На помощь обоим физикам должно было прийти число, полученное опять же опытным путем. Резерфорд и Содди построили уравнение: Ra , излучая He , превращается в Em . Это записывалось так: $Ra - He = Em$. В числовом выражении масс, участвующих в этом процессе, получалось, если учесть, что $Ra=226$, а $He=4$ (согласно предшествующим измерениям их атомных весов): $226 - 4 = x$. Согласно закону сохранения массы

⁴⁹ Менделеев Д. И. Периодический закон, с. 528.

x должен быть равен 222. Тогда число 222, как атомный вес $E_m = 222$, подтвердило бы гипотезу о радиоактивном распаде атомов, рожденную мыслью ученых и составившую одно из главных проявлений «новой революции в естествознании» с участием в ней «революционера-радия» (по выражению В. И. Ленина).

Атомный вес E_m измерил английский химик В. Рамзай, и он оказался $E_m = 222$, как и следовало ожидать по гипотезе Резерфорда и Содди. Ra (226) минус He (4) равно E_m (222). В результате этого число 222 превратило рожденную мыслью ученых гипотезу в проверенную на опыте и подтвержденную опытом теорию.

Так разрешился спор между учеными, стоявшими на разных позициях в понимании сущности радиоактивности. Здесь решающее слово было сказано опытным числом, которое отвергло ложное объяснение, основанное на идее «мирового эфира», подсказанное неверно направленной мыслью, и подтвердило решение, предвиденное правильно направленной мыслью и основанное на идее распада атомов и превращения элементов.

31) *Разрешение спора о числовой границе качественно-определенной области веществ. Менделеев. Урбэн. Довийе. Бор. Костер. Хевеши.* Когда Менделеев создавал свою периодическую систему элементов в 1869—1871 гг., он отвел сначала свободное место в группе титана Ti и циркония Zr экацирконию $? = 180$. Потом на это место он стал ставить какой-то еще неизвестный редкоземельный элемент с тем же атомным весом $? = 180$, может быть, лантан $La = 180$?

В начале XX в., когда все члены семейства редкоземельных элементов (кроме будущего прометия) были открыты и когда были определены их порядковые числа, выяснилось, что свободным остается место элемента с порядковым числом 72. На это место Менделеев ставил сначала экацирконий, а затем неизвестный еще редкоземельный элемент (РЗЭ). Место № 72 находится как раз где-то возле границы семейства РЗЭ (порядковое число последнего по тому времени члена этого семейства лютеция $Lu = 71$), а следующее число тантала $Ta = 73$ находится уже за пределами семейства РЗЭ. Куда же следовало отнести неоткрытый еще элемент с порядковым числом 72, который должен занять пустующее место между $Lu = 71$ и $Ta = 73$, — к РЗЭ или к анало-

гам Zr? От этого зависело, где в природе его следовало искать.

Французские химики Ж. Урбен и А. Довийе считали элемент 72 входящим в семейство PЗЭ, а потому тщетно искали его среди членов этого семейства. Довийе даже заметил слабые линии в рентгеновском характеристическом спектре у смеси PЗЭ, отвечающие элементу 72. Но это были линии, которые вызывали следы присутствовавшего здесь случайно гафния.

Напротив, датский физик Н. Бор на основании созданной им квантово-электронной теории строения атома дал физическое толкование всей менделеевской системе элементов и на основе строго числовых расчетов показал, что семейство PЗЭ заканчивается на элементе Lu = 71. В связи с этим ожидаемый элемент 72 лежит уже за границей семейства PЗЭ и является аналогом Zr (экацирконием). Поэтому искать его надо не среди соединений PЗЭ, а в циркониевых соединениях в качестве спутника Zr. Такое предвидение было сделано Бором в 1921 г. В 1923 г. голландский физик Д. Костер и венгерский химик Г. Хевеши действительно нашли в норвежской цирконовой руде новый элемент с порядковым числом 72 и назвали его гафнием Hf. Этим они на практике подтвердили правильность теоретических числовых расчетов Бора.

Так разрешился спор о химической природе элемента 72. Ошибочно работавшая мысль французских химиков не была в состоянии опереться на какие-либо теоретически обоснованные числа и вела к заблуждению. Истина же была раскрыта Бором и подтверждена его учениками на основе точного выяснения числовых данных, касающихся строения атома Hf = 72.

7. Смысловая разгадка споров вокруг отклонений от положенного числа или ряда чисел

32) *Непонятные отклонения планеты от положенной ей орбиты. Гершель. Леверье. Адамс. Галле.* В 1781 г. английский астроном Гершель открыл в Солнечной системе новую большую планету (седьмую от Солнца). Когда определили ее массу и вычислили ее орбиту согласно ньютоновскому закону всемирного тяготения, то

оказалось, что Уран отклоняется от положенного ему пути, причем с каждым годом все в большей степени. Встал вопрос: где причина этих отклонений? Неужели закон Ньютона не является всеобщим и имеет исключения?

Французский астроном Леверье поставил перед собой задачу найти на это ответ. Он твердо верил во всеобщность и неизбежность законов ньютоновской механики. Его мысль поэтому пошла по иному пути. Значит, допустил он, должен существовать какой-то еще неизвестный источник в виде неучтенной силы, действующей извне и подчиняющейся тем же законам Ньютона. Леверье предположил, что таким источником, вызывающим отклонения в движении Урана, является другая, еще неоткрытая планета, отстоящая еще дальше от Солнца. Она-то своим притяжением и заставляет в таком случае отклоняться Уран от положенной ему орбиты, по которой он должен был двигаться, если бы не испытывал воздействия от соседней с ним планеты.

Руководствуясь такой гипотезой, могущей объяснить отклонения в ряде чисел, выражающих движение Урана, Леверье в 1846 г. вычислил возможную массу предположенной его мыслью планеты и ее путь по небосводу, точно определил ту точку на небе, где она должна находиться в данный момент. Немецкий астроном И. Г. Галле направил свой телескоп на эту точку и действительно открыл в ней новую, ранее неизвестную планету, которая получила имя Нептуна (1846 г.).

Одновременно с Леверье и независимо от него такого рода предсказание было предвычислено английским астрономом Дж. К. Адамсом.

Таков яркий пример того, как творческая мысль ученого на основании ряда чисел, уклоняющихся от некоторой нормы, способна привести к открытию.

33) *Странное число i, выражающее отклонение от газовых законов в растворах. Пфеффер. Вант-Гофф. Аррениус.* В 1877 г. немецкий физиолог растений В. Пфеффер изучал с помощью особого прибора — осмометра, имеющего полупроницаемые перегородки, зависимость осмотического давления раствора от его концентрации. Полученный им опытным путем ряд чисел продолжил голландский физикохимик Я. Г. Вант-Гофф, который раскрыл физический смысл найденных чисел. Так, работая с разбавленными водными растворами, Вант-

Гофф выявил аналогию между ними и разреженными газами в смысле применимости к разбавленным растворам законов идеальных газов, в том числе и закона Авогадро. Оказалось, следовательно, что поведение вещества, растворенного в воде, подчиняется (при постоянной T) закону, выраженному аналогично газовому закону Бойля—Мариотта: $pv=c$ (для одной грамм-молекулы).

Но так наблюдалось лишь для раствора неэлектролита, т. е. вещества, не проводящего в растворе электрического тока, например, сахара. Но для веществ-электролитов обнаруживались резкие отклонения. Для той же одной грамм-молекулы растворенного вещества получалось уравнение состояния $pv=ic$, где i — численный коэффициент, значение которого было различно для разных электролитов. Так, для NaCl оно, будучи дробным, имело значение больше 1 и меньше 2, приближаясь в пределе к 2. Для Na_2SO_4 i находилось между 1 и 3.

Это было загадочно. Число i прямо показывало, что число частиц в растворе увеличивалось в i раз по сравнению с числом внесенных в раствор молекул растворенного вещества.

Загадку с числом i разгадала мысль шведского физикохимика Сванте А. Аррениуса. Было предположено, что часть молекул растворенного электролита диссоциирует (распадается на ионы) и благодаря этому возрастает общее число частиц (заряженных ионов и незаряженных исходных молекул) в растворе. Так NaCl распадается на катион Na^+ и анион Cl' , поэтому суммарное число всех частиц растворенного в воде электролита и оказывается больше 1 и меньше 2; только в пределе, если распадутся *все* молекулы NaCl , общее число частиц удвоится: i станет = 2.

Так мысль ученого разгадала странное отклонение от положенного газовыми законами ряда чисел и физический смысл по первоначально загадочного числа i . Теперь стало ясно, что оно выражает степень диссоциации растворенного вещества.

34) *Расхождение между числом, случайно найденным, и числом, прогностически выведенным из закона, Менделеев. Лекок де Буабодран.* Предсказывая в 1870—1871 гг. на основании периодического закона еще неоткрытые элементы, Менделеев точно предвычислял их химические и физические свойства, в частности, удельные веса d (плотности) образуемых ими простых веществ.

Так, для экаалюминия (будущего галлия Ga) он предсказал, что у свободного металла $d=5,9-6,0$. Когда же в 1875 г. Лекок де Буабодран открыл экспериментальным путем галлий Ga, в котором воплотился предсказанный экаалюминий, то оказалось, что $d=4,7$, а не $5,9-6,0$, как предвидел Менделеев. Но эмпирически полученное число 4,7 хотя, как это выяснилось позднее, было неверным, отвечало тому, что предвидел сам Лекок де Буабодран. Он исходил из того положения, что Ga по своему оптическому спектру должен попасть в одну группу с индием In и таллием Ta и занять место в этой группе между алюминием Al и In. Отсюда Лекок де Буабодран тоже предвычислил ожидаемую d , соответствующую якобы данному месту в этой группе элементов, и получил число $d=4,8$. Но это была ошибка, ибо по тогдашним данным для Al $d=2,67$, а для In $d=7,42$, что дает среднее значение $d=5,045$. Но все равно, это число было гораздо ближе к найденному эмпирически ($d=4,7$) и резко отклонялось от предсказанного Менделеевым теоретически ($5,9-6,0$).

Дело в том, что Менделеев не просто предвычислил среднее значение d для экаалюминия из значений d для Al и In, но и для его соседей по периоду — цинка Zn $d=7,1$ и экасилиция (будущего германия) $d=5,5$. Более того, Менделеев учитывал и общий ход возрастания d у элементов в III группе своей системы и уменьшения d в полупериоде, начинающемся с меди Cu $d=8,8$ и Zn.

Поэтому ряд чисел у Менделеева был полный с правильно учтенным их ходом, а у Лекока де Буабодрана — неполным и без учета хода изменяющихся чисел d . Тем не менее первые измерения d у Ga как будто подтверждали взгляд Лекока де Буабодрана, но не Менделеева.

Но мысль Менделеева работала безупречно. Он сразу же догадался, что при измерении d у Ga Лекок де Буабодран допустил ошибку. Металлический Ga был получен при помощи металлического натрия Na, у которого $d=0,98$. Поэтому даже небольшая примесь Na должна резко снижать d у металла Ga. Значит, решил Менделеев, Лекок де Буабодран просто недостаточно очистил полученный им металл Ga от загрязнения его натрием Na.

Менделеев указал на это, порекомендовав очистить Ga более тщательно от Na. Последовав этому совету,

Лекок де Буабодран получил для тщательно очищенного Ga $d=5,956$. Число, предвычисленное Менделеевым, было полностью теперь подтверждено.

По этому поводу Лекок де Буабодран писал: «Я думаю, что нет нужды настаивать на исключительной важности подтверждения теоретических взглядов г. Менделеева относительно плотности нового элемента»⁵⁰.

35) *Расхождение между теоретически обоснованным числом и числом, случайно предложенным. Берцелиус. Авдеев. Менделеев. Нильсон. Петерсон. Браунер.* Известно, что между окислами Al и бериллием Be существует большое химическое сходство. На этом основании окиси Be большинство химиков, следуя за шведским химиком И. Я. Берцелиусом, приписывало глиноземную формулу, соответствующую Al_2O_3 ; отсюда выводилась как следствие трехатомность Be и атомный вес $Be = 14$. Только русский инженер И. В. Авдеев еще в 1842 г. утверждал, что окиси Be надо придать магнезиальную формулу, отвечающую MgO ; отсюда следовала двуатомность Be и его атомный вес $Be = 9,3$. Итак, налицо было расхождение двух чисел, относившихся к одному и тому же свойству одного и того же элемента.

Менделеев в самом начале открытия периодического закона принял было $Be = 14$, полагая, что Be есть аналог Al и что формула его окиси = Be_2O_3 . Однако вскоре выяснилось, что место в строящейся системе прочно занял азот $N = 14$ и что соседние с ним оба места тоже уже заняты $C = 12$ и $O = 16$. Поэтому для $Be = 14$ не было свободного места.

Между литием $Li = 7$ и бором $B = 11$ было одно свободное место для элемента с атомным весом = 9. Это место открывалось в одном ряду с магнием $Mg = 24$, как раз перед Mg, так что элемент, который бы мог занять это место, должен быть аналогом Mg. Поэтому его окись должна была иметь магнезиальную формулу, подобную MgO .

Менделееву пришла мысль сопоставить два обстоятельства: место для элемента с атомным весом 14 занято, а место с атомным весом 9 свободно, но, чтобы поставить на него Be, нужно окиси Be приписать формулу BeO , а не Be_2O_3 . Приняв это, Менделеев вычислил, что в таком случае $Be = 9,4$ и что тогда для Be вполне

⁵⁰ Цит. по книге: Кедров Б. М. Прогнозы Д. И. Менделеева в атомистике. М., Атомиздат, 1977, с. 37,

подходит место между Li и В в ряду с Mg. Трудность была преодолена. Это произошло в 1869 г.

Однако в 1878 г. два шведских химика Л. Нильсон и О. Петерсон вновь вернулись к глиноземной формуле для окиси Ве, откуда вытекала трехатомность Ве и атомный вес $Ве=13,8$. Поэтому оба шведа категорически отвергали включение Ве между Li и В. А так как три места для элементов с атомными весами от 12 до 16 были уже заняты (С, N и О), то шведы доказывали ошибочность, но не своих построений, а... менделеевской системы элементов: раз она не в состоянии включить $Ве=13,8$ значит, она несостоятельна!

Аргументация шведов при этом была следующей: существует физический закон Дюлонга и Пти, согласно которому произведение атомного веса A и теплоемкости c есть величина постоянная, равная 6 или около того: $A \cdot c = 6$. У Ве $-c=0,4084$. Если принять $Ве=9,2$, то в этом случае получается $A \cdot c=3,7$. Если же принять $Ве=13,8$, то $A \cdot c=5,64$, что удовлетворяет закону Дюлонга и Пти. Значит, заключали шведы, имеем число $Ве=13,8$, и периодическая система элементов рушится.

Однако в том же году чешский химик Б. Ф. Браунер показал, что для проверки такого заключения необходимо экспериментально измерить плотность пара хлористого Ве; это дало бы возможность непосредственно установить, имеет ли хлористый Ве формулу $ВеCl_3$ (трехвалентный Ве) или $ВеCl_2$ (двухвалентный Ве). Но шведские ученые много лет игнорировали совет Браунера.

Со своей стороны Менделеев доказал, что для самых легких элементов с очень малыми атомными весами закон Дюлонга и Пти неприменим вообще. Так, для малого периода от Li до F значения $A \cdot c$ располагаются в ряд $Li=6,6$; $Ве=3,7$, если принять атомный вес $Ве=9,2$; $В=2,7$; $Si=3,8$; $N=-$; $O=0$; $F=5$.

В этот ряд четко вписывается $Ве=9,2$, дающий для $A \cdot c=9,2 \cdot 0,4084=3,7$. Здесь важно не только то, что число $A \cdot c$ у всех легких элементов значительно меньше константы 6, но и то, что у В — минимум значения $A \cdot c$ (2,7) и в обе стороны от В идет постепенный рост $A \cdot c$. Ближайшим же соседом В является Ве, так что его $A \cdot c$ не должно (судя по ходу изменяющихся чисел в их общем ряду) быть промежуточным между 2,7 (у В) и 6,6 (у Li), каким и является число 3,7 (при $Ве=9,2$).

Такая ссылка шведов на теплоемкость (на $A \cdot c$), как

показала мысль Менделеева, на самом деле не только не противоречит признанию $Be = 9,2$ и его двувалентности, но, напротив, подтверждает именно эти числа.

В 1884 г. шведские ученые наконец измерили плотность паров хлористого бериллия и подтвердили ту его формулу, которую отстаивал Менделеев, а за ним и Браунер: $BeCl_2$. Периодическая система элементов вышла победительницей из этого столкновения мнений. В 1889 г. в своем Фарадеевском чтении Менделеев говорил: «...глиноземную формулу Be_2O_3 ясно отрицал периодический закон, требовавший магнезиальную формулу BeO или признания атомного веса $Be = 9$, потому что при атомном весе $Be = 13,5$ металл этот не находил места в системе. Недоразумение длилось несколько лет. Не раз мне приходилось слышать о том, что вопрос об атомном весе бериллия грозит поколебать общность периодического закона, может потребовать глубоких в нем преобразований. В научном разноречии, касающемся бериллия, приняли участие многие силы... Примечательно именно то, что в этом деле победу на сторону периодического закона склонили исследования тех самых проф. Нильсона и Петерсона, которые доставили ранее того массу фактов, как бы говоривших в пользу трехатомности бериллия»⁵¹.

Здесь, как видим, столкнулись неверные числа, полученные путем ошибочной мысли шведов, и точные числа, выведенные Менделеевым путем его правильно работающей мысли. Как и всегда, победа осталась на стороне истины и ведущего к ней мышления ученого, а заблуждение, порожденное ложно направленным мышлением, потерпело очередное поражение.

36) *Неразгаданная аномалия или отклонение от закономерного ряда чисел. Ошибочное объяснение и позднейшая разгадка. Берцелиус. Менделеев. Браунер. Содди.* Речь пойдет сейчас об атомном весе теллура Te . Его число установил еще Берцелиус $Te = 128$, а для йода $J = 127$. Это были пока что разобщенные между собой числа. Когда Менделеев создавал свою систему элементов, он сопоставлял одну с другой целые группы элементов по величине их атомного веса. У него получилось:

$O = 16 \quad S = 32 \quad Sb = 79 \quad Te = 128$

$F = 19 \quad Cl = 35,5 \quad Br = 80 \quad J = 127$

⁵¹ Менделеев Д. И. Периодический закон, с. 227—228.

Всюду числа возрастают, а в паре Te—J они уменьшаются. Это было явное отклонение от общего хода чисел (d), названное позднее аномалией периодической системы элементов. Менделеев предположил здесь ошибку в измерении атомного веса Te , а потому ставил его под вопросом: $\text{Te}=128$? Со своей стороны он предвычислил меньшее для Te число: $\text{Te}=125$, но это была ошибка. Браунер, исходя из этих соображений, проверил атомный вес Te и нашел его в 1883 г. равным 125, как ожидал это Менделеев. Но это была ошибка. Повторные измерения, проведенные тем же Браунером, подтвердили правильность числа $\text{Te}=128$, большего, чем следующего за ним $\text{J}=127$. Только в 1913 г. Содди, открыв изотопы, дал правильное объяснение аномалии, т. е. отклонения от общего ряда чисел, атомного веса Te , поскольку среди его изотопов преобладает более тяжелый.

37) *Правильно истолкованное число, ведущее к научному открытию, против ложного толкования того же числа, ведущего в тупик. Бор. Паули.* Роль правильно работающего мышления при истолковании эмпирически полученных чисел особенно ярко выступает в истории открытия нейтрино, точнее сказать, в истории создания гипотезы о нейтрино. В самом конце 20-х годов нашего века была обнаружена странная вещь. Как известно, при радиоактивном бета-распаде из радиоактивного атомного ядра вылетают электроны e^- . Они уносят с собой часть внутренней энергии распадающегося ядра. И вот при измерении этой энергии, уносимой электронами, оказалось, что ее ровно вдвое меньше, чем той, которую теряет при данном процессе само ядро.

Другими словами, электроны e^- уносят только половину теряемой ядром энергии. Другая ее половина куда-то бесследно исчезает. Вставал вопрос: куда же она девается? Число (количество) исчезнувшей, ускользающей от наблюдения энергии требовало своего объяснения. И снова мы видим, что все дело и тут зависело от того, правильно или нет работает мысль ученого, ищущая объяснение этого факта.

Мысль Н. Бора пошла по заведомо ложному пути. Бор допустил, что вторая половина (число) ушедшей из ядра энергии попросту исчезла совсем, уничтожилась и что закон сохранения и превращения энергии не является абсолютным законом; от него могут иметь место отступления подобные тому, какие обнаруживаются при

бета-распаде. Швейцарский физик В. Паули пошел противоположным путем, нежели Бор. Паули исходил из закона сохранения и превращения энергии как абсолютного закона физики. Отсюда следовало, что вторая половина (число) излученной ядром энергии сохранилась полностью и не могла быть уничтожена. Но куда же она могла деваться, и почему нам не удастся ее обнаружить?

Паули пришел к выводу, что одновременно вместе с e^- выделяется какая-то другая, до сих пор нами неуловимая частица материи, которая и уносит с собой вторую половину (число) теряемой ядром энергии.

Если это так, то вставал вопрос о физической природе и о свойствах этой пока что гипотетической частицы. Совершенно очевидно, что, во-первых, она должна была бы быть исключительно маленькой по размерам микрочастицей, во-вторых, невесомой или с исчезающе малой массой, в-третьих, электрически нейтральной. Иначе, если бы она не обладала этими свойствами, физики давно бы ее обнаружили при помощи своих мощных измерительных приборов.

Такую частицу Паули назвал «нейтрино», что означает «нейтрончик».

Последующие открытия в физике подтвердили гипотезу Паули и доказали реальность нейтрино. Само представление о нейтрино получило дальнейшее развитие, особенно благодаря открытию спина.

Приведенные в этом разделе историко-научные события могли бы быть отнесены к предыдущему разделу, где говорилось о преодолении теоретических разногласий при различном истолковании числовых данных опыта.

8. Отрыв числа от его физической основы и необычность новых числовых образов как источник запутанных парадоксов

38) *Первый энтропийный парадокс и его решение. Карно. Клаузиус. Больцман.* Рассмотрим два энтропийных парадокса. Жертвой одного из них стал немецкий физик Р. Клаузиус. В середине XIX в. он занялся систематизацией классической термодинамики, второе начало которой было открыто Карно. Это была наука сугубо формализованная и математизированная. Дедуктивно-

математическим путем ее содержание разворачивалось, исходя из двух ее «начал» — первого (сохранения энергии) и второго (возрастания энтропии S при необратимых процессах и ее неизменности при равновесных, обратимых).

Особенность S заключается в том, что это чисто математическое понятие (свойство), непосредственно неизмеримое. Поэтому о ней можно судить только косвенно, отыскивая каждый раз ее смысл в тех или иных конкретных физических величинах, лежащих в основе ее численных значений.

При всех неравновесных процессах, происходящих в замкнутых системах, S возрастает и достигает возможного максимума. Тогда система приходит в равновесие, и S в дальнейшем остается постоянной (с точки зрения чистой термодинамики). Но это все так лишь для замкнутых систем.

Клаузиус же решил распространить второе начало на всю Вселенную и пришел к выводу, что S Вселенной тоже стремится к максимуму. Когда она его достигнет, температура во всех частях Вселенной должна сравняться и наступит тепловая, или энтропийная, смерть во всем необъятном мире. Так рассуждал Клаузиус.

Его ошибка заключалась прежде всего в том, что он неправильно экстраполировал на всю Вселенную, которая отнюдь не является замкнутой системой, то, что он вывел только для замкнутых, т. е. строго ограниченных систем, в которых S действительно стремится и достигает максимума.

Энгельс раскритиковал идею тепловой смерти Вселенной, показав ее полную научную несостоятельность. «В каком бы виде ни выступало перед нами *второе положение Клаузиуса* и т. д., — писал он, — во всяком случае, согласно ему, энергия теряется, если не количественно, то качественно. *Энтропия не может уничтожаться естественным путем, но зато может создаваться*. Мировые часы сначала должны быть заведены, затем они идут, пока не придут в состояние равновесия, и только чудо может вывести их из этого состояния и снова пустить в ход. Потраченная на завод часов энергия исчезла, по крайней мере в качественном отношении, и может быть восстановлена только путем *толчка извне*. Значит, толчок извне был необходим также и вначале; значит, количество имеющегося во вселенной движения, или

энергии, не всегда одинаково; значит, энергия должна была быть сотворена; значит, она сотворима; значит, она уничтожима. Ad absurdum!»⁵²

Итак, Энгельс показал, каким образом при неверной мысли доводится до абсурда (до бессмыслицы, т. е. до полной потери всякого смысла) толкование числовых выражений, данное Клаузиусом. Это толкование влечет к ложному выводу, «что все учение о «сохранении силы» бессмыслица,— следовательно», что все выводы Клаузиуса «из этого учения тоже бессмыслица»⁵³.

Такое безрадостное умозаключение вынуждало прогрессивных ученых-материалистов искать иное решение данной проблемы, причем такое решение, чтобы числовые отношения, связанные с S , получали правильное смысловое толкование. Путь к такому решению указал тот же Энгельс. Он выдвинул идею вечных мировых круговоротов, в ходе которых материя умерших и остывших миров опять оживает, саморазогревается и начинает функционировать. Другими словами, мировые часы способны самозаводиться в силу присущей им внутренней закономерности: «...излученная в мировое пространство теплота должна иметь возможность каким-то путем... превратиться в другую форму движения, в которой она может снова сосредоточиться и начать активно функционировать. Тем самым отпадает главная трудность, стоявшая на пути к признанию обратного превращения отживших солнц в раскаленную туманность»⁵⁴.

Энгельс более конкретно высказался по этому поводу так: «...раскаленное сырье для солнечных систем нашего мирового острова возникло естественным путем, путем превращений движения, которые *от природы присущи* движущейся материи и условия которых должны, следовательно, быть снова воспроизведены материей, хотя бы спустя миллионы и миллионы лет, более или менее случайным образом, но с необходимостью, внутренние присущей также и случаю»⁵⁵.

Последняя фраза содержит в себе замечательную догадку: его мысль состоит в признании того, что великий мировой круговорот происходит с необходимостью, вы-

⁵² Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 600.

⁵³ Там же, с. 599—600.

⁵⁴ Там же, с. 362.

⁵⁵ Там же, с. 361.

ступающей в форме случайности и скрытой за этой случайностью.

Как раз в то время австрийский физик-материалист Л. Больцман впервые сумел перевести S с рельс абстрактно-математической, непосредственно неизмеримой величины на рельсы более конкретного понятия о вероятности состояния системы W . Всякая система стремится к наиболее вероятному своему состоянию, следовательно, к наибольшему значению W , и математически, в числовом выражении на это и указывает возрастание S . Мысль Больцмана вывела следующую зависимость: $S = K \ln W$, где K равна газовой константе R , деленной на число молекул в одной грамм-молекуле N , т. е.: $K = R/N$.

Но переход системы в наиболее вероятное (равновесное) состояние отнюдь не исключает того, что могут изредка возникать случайным образом и менее вероятные системы, а это означает, что их S может самопроизвольно уменьшаться. Другими словами, закон возрастания S выступил теперь не как абсолютный, каким он казался Клаузиусу, но только как относительный, статистический, допускавший возможность образования во Вселенной — в различное время и в различных ее местах — самопроизвольного «завода» мировых часов.

Так, раскрытие Больцманом физического смысла математической величины S позволило материалистически решить энтропийный парадокс Клаузиуса.

39) *Второй энтропийный парадокс и его разгадка.* Дальтон. Гиббс. Планк. Эйнштейн. Ван-дер-Ваальс. Лоренц. Шредингер. Нернст. Дюгем. Кедров. Обратимся теперь к другому парадоксу, несколько иного характера, но также связанному с понятием S . В 70-х годах XIX в. американский математик и физик Дж. У. Гиббс, создавая химическую термодинамику, натолкнулся на своеобразный парадокс. Пусть даны грамм-молекулярные количества двух разных, химически не взаимодействующих между собой газов, занимающих равные объемы при одинаковых давлении и температуре; если убрать разделяющую их перегородку, то после их смешения их суммарная энтропия S возрастает на величину $\Delta S = R \ln 2$. Однако если же оба газа одинаковы, т. е. это взятые при тех же условиях две части одного и того же газа, то их суммарная энтропия останется после их смешения без изменений: $\Delta S = 0$. Можно сколько угодно

сближать свойства этих двух разных газов, лишь бы между ними сохранялось какое-то, пусть ничтожно малое различие, ΔS после их взаимной диффузии неизменно будет равно $R \ln 2$. Но в пределах сближения числовых значений их свойств, когда *все* свойства у обоих газов сравниваются полностью, $R \ln 2$ внезапно и скачкообразно исчезает и ΔS обращается в нуль.

В конце XIX в. и в первой четверти XX в. было сделано много попыток решить этот «парадокс Гиббса», но все они были безуспешными. Между тем за его решение брались такие умы, как М. Планк, А. Эйнштейн, Я. Ван-дер-Ваальс, Г. Лоренц, Э. Шредингер, В. Нернст, П. Дюгем и многие другие. Числовое изменение в виде обращения $R \ln 2$ в 0 было налицо, смысл же исчезновения этого энтропийного члена оставался загадкой. Мысль ученых долгое время не могла справиться с этим затруднением, и ниже мы увидим, почему именно.

В конце 20-х годов мне пришлось заняться этим парадоксом, и я прежде всего постарался выяснить: откуда в выражения S для газовой смеси появляется энтропийный член $R \ln 2$. Он присутствует во всех числовых выражениях S любой пары (не взаимодействующих химически) газов, взятых в равных грамм-молекулярных количествах, но его нет в выражении S однородного газа.

Когда я изучил труды Гиббса, то отчетливо понял следующее: при выведении S газовой смеси мысль Гиббса опирается прежде всего на закон Дальтона о независимости парциальных давлений газов в смеси. Так как согласно этому закону каждый газ в смеси с другим ведет себя как в пустоте, то и при диффузии происходит то же самое: проникая в соседний объем, газ как бы вдвое расширяет свой собственный объем. Но работа расширения газа в два раза (при постоянной температуре T) равна $RT \ln 2$, откуда при делении на T получаем значение $\Delta S = R \ln 2$.

Все это прямо вытекает из всех рассуждений Гиббса. Выходит, что переход двух от сколь угодно близких, но все же разных газов к двум частям одного и того же газа вызывает немедленно внезапное и скачкообразное исчезновение закона Дальтона из данной системы и именно это-то обстоятельство влечет за собой парадоксальный скачок S : вместо члена $R \ln 2$ внезапно появляется 0.

Так раскрывается смысл парадокса Гиббса. Долгое время он был скрыт от мысленного взора ученых потому, что числовые отношения брались все время в отрыве от лежащего в основе их физического смысла, от закона Дальтона, хотя, повторяю, именно на этот закон опирался сам Гиббс, выводя числовое значение для S газовой смеси.

К этому же, как уже было сказано выше, само понятие S является чисто математическим, выражающим, согласно Л. Больцману, меру вероятности состояния системы.

Разберем, откуда могла возникнуть ситуация, подобная парадоксу Гиббса. В «Материализме и эмпириокритицизме» В. И. Ленин отмечал как прогрессивную сторону развития современной физики широкое проникновение в нее математических методов. Однако одностороннее увлечение числовыми отношениями привело к тому, что нередко ускользает от внимания ученых связь этих отношений с их физической основой, следовательно, перестает замечаться зависимость чисел от их реального смысла и значения, и это становится питательной почвой для «физического» идеализма. «Реакционные поползновения порождаются самим прогрессом науки,— писал В. И. Ленин.— Крупный успех естествознания, приближение к таким однородным и простым элементам материи, законы движения которых допускают математическую обработку, порождает забвение материи математиками. «Материя исчезает», остаются одни уравнения»⁵⁶.

40) *Парадоксальная константа h . Максвелл. Планк. Эйнштейн.* В физике XIX в. господствовала идея математической непрерывности физических величин и физических функций. На этой основе развились такие науки, как классическая термодинамика и классическая электродинамика. Созданная английским физиком Дж. К. Максвеллом в 1865 г. идея об электромагнитной природе света легла в основу разработанной им электромагнитной теории света. Согласно этой теории свет рассматривается как имеющий волновую, следовательно, непрерывную природу.

Все это было верно для тех случаев, когда лучистой энергии выделяется много, а потому луч света ведет себя как непрерывное образование. А если излучаться будет

⁵⁶ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 326.

предельно малое количество лучистой энергии, как это имеет место при тепловом излучении так называемого «абсолютно черного тела»? В этом случае все прежние формулы классической оптики, в которых фигурируют непрерывные величины, оказываются недействительными и требуют введения в них некоторой дискретной константы h , способной выразить то, что излучение в очень малых количествах носит не непрерывный, а прерывистый характер. Образно это можно сравнить, как вода льется из водопроводного крана: пока ее льется много, ее струя кажется сплошной («континуальной»). По мере того как количество льющейся воды уменьшается, ее струя становится все тоньше, пока не начнет разрываться на отдельные капли, обнаруживая дискретный характер.

Конечно, это только образ, но он хорошо иллюстрирует создавшуюся в оптике ситуацию, когда при переходе к предельно малым количествам излучаемой лучистой энергии вместе с новыми числовыми данными физического измерения в физику непрерывных до того величин буквально ворвалась дискретная величина в виде константы h . Так возникла теория квантов.

Это революционизирующее всю физику открытие сделал в 1900 г. немецкий физик М. Планк. Но сам он так и не понял глубокого физического смысла сделанного им открытия. Когда в 1924 г. он был в Москве и посетил МГУ, то во время встречи его с преподавателями и студентами университета (я на ней присутствовал) ему был задан вопрос: «Существуют ли кванты (в смысле: световые кванты) реально или нет»? Он ответил, что с его точки зрения квантовые представления — это лишь особый эвристический прием, способ вычислительной обработки опытных данных (чисел измерения), но существуют ли световые кванты реально, он на это ответить не может.

Другой немецкий физик — А. Эйнштейн ответил на этот вопрос положительно: да, световые кванты существуют реально, и он назвал их в 1905 г. фотонами. Так были открыты своеобразные «атомы» света, выступающие как своего рода «рябь» (дискретное образование) электромагнитного поля (континуального образования). Мысль Эйнштейна, таким образом, вложила в числа Планка реальное физическое содержание.

41) *Странно парадоксальное поведение электрона e^- внутри атома. Максвелл. Томсон. Планк. Резерфорд,*

Бор. Паули. Электромагнитной теории Максвелла суждено было испытать еще одну странную трансформацию и тоже от принципа дискретности, но на этот раз в области учения о строении атома. После открытия электрона e^- в 1897 г. английским физиком Дж. Дж. Томсоном было показано, что e^- входит в состав всех атомов. Однако долго оставалось неизвестным, каким образом внутри атома распределяется его положительный заряд. Дж. Дж. Томсон был сторонником статической модели атома, согласно которой положительный заряд как бы «размазан» по всему атому и в него вкраплены электроны, как изюминки в жидкое тесто.

Э. Резерфорд в 1911 г. открыл атомное ядро, находящееся в центре атома, откуда следовала совершенно иная, а именно планетарная модель атома: его e^- обращаются вокруг ядра, словно миниатюрные планеты вокруг миниатюрного солнца в миниатюрной солнечной системе.

Но тут неожиданно возникла, казалось бы, неразрешимая трудность: согласно законам классического электромагнетизма Максвелла, электрoзаряженное тело, двигаясь в поле другого заряженного тела, непрерывно должно терять свою энергию и рано или поздно, но неминуемо должно упасть на тело, вокруг которого оно движется. Но этого не происходит! Значит, двигаясь вокруг ядра, e^- парадоксальным образом не теряет, а сохраняет свою энергию вопреки законам Максвелла. В чем тут дело, Резерфорд не мог разгадать. Вместе с приехавшим в Англию датским физиком Нильсом Бором они оба долго не могли решить этой задачи, касающейся чисел природы: согласно теории количество (численное выражение) теряемой энергии движущимся e^- должно расти, согласно же реальности оно $= 0$.

В 1913 г. мысль Н. Бора наткнулась на квантовое число h Планка и применила его к объяснению движения e^- в атоме вокруг его ядра. Мысль Бора допустила, что внутри атома на дискретных расстояниях друг от друга существует ряд концентрических орбит, по которым только и может двигаться e^- . Бор назвал их «дозволенными». Пока e^- движется по одной из них, он никакой энергии не теряет. Когда же он ее теряет, то излучает ее только целой, квантованной порцией и перескакивает на соседнюю орбиту, расположенную ближе к атомному ядру.

Напротив, если e^- приобретает энергию (например, при облучении атома), то тоже только целыми, квантованными порциями, причем при поглощении каждого светового кванта e^- перескакивает на соседнюю «дозволенную» орбиту, отстоящую дальше от ядра, и так до тех пор, пока e^- не оторвется полностью от притяжения ядра. Тогда произойдет ионизация атома.

Так, мысль Бора родила первое квантовое число, названное главным; благодаря этому она преодолела парадоксальную ситуацию, сложившуюся в учении о строении атома. В дальнейшем было введено мыслью ученых второе квантовое число, названное побочным, благодаря которому удалось представить орбиты e^- внутри атома не только круговыми, но и в виде эллипсов. Затем появилось третье квантовое число — магнитное, и это позволило еще больше усложнить представление об орбите e^- внутри атома, изображая ее в виде розетки, обращаемой вокруг ядра. Наконец, в 1925 г. было введено четвертое квантовое число — спин, которое первоначально изображалось так: e^- , как шарик может вращаться вокруг своей оси в двух направлениях: по часовой стрелке и против нее, подобно веретену. Определенная характеристика этого вращательного движения может квантоваться, т. е. быть выражена в виде дискретной величины (числа).

Таким образом, всего получилось 4 квантовых числа для описания движения e^- внутри атома.

Затем мысль швейцарского физика В. Паули связала и объединила все эти 4 квантовых числа в один принцип. Паули обратил внимание на порядок заполнения элементами мест в каждом периоде менделеевской системы и, соответственно этому, на порядок заполнения электронной оболочки электронами e^- . В результате Паули пришел к выводу, что у каждого e^- есть свой собственный набор различных квантовых чисел из общего числа 4, и этот набор не повторяется у других e^- . Пока не все сочетания этих 4 квантовых чисел реализованы, возможно вступление в недостроенную оболочку новых e^- , когда же все возможные их сочетания осуществлены, оболочка становится законченной, достроенной, а потому в нее уже не могут вступать новые электроны. Это, по Паули, имеет место у инертных (благородных) газов, что и объясняет их химическую инертность.

Поэтому с этого момента начинается построение новой атомной оболочки, куда и начинают вступать новые e^- .

Разрешу себе небольшое отступление. В 1954 г. я участвовал на Международном конгрессе по логике, методологии и философии науки в Цюрихе (Швейцария) и присутствовал на встрече с В. Паули, который рассказывал, в частности, о том, как был им найден принцип, названный его именем. Мне особенно интересно было это услышать, поскольку я занимался историей разработки периодического закона Менделеева как физического закона, и знал, какую роль в этой его разработке играл принцип Паули.

42) *Парадоксальный разрыв между непрерывностью и дискретностью и его ликвидация. Эйнштейн. Де Бройль. Гейзенберг. Шредингер. Дэвиссон, Джермер.* После создания теории квантов Планком и открытия фотона Эйнштейном оптика парадоксальным образом резко оказалась разорвана и расколота на две внутренние не связанные между собой противоположные области: новую, квантовую, где господствовал принцип дискретности, прерывистости, и старую, волновую, где по-прежнему господствовал принцип континуальности, непрерывности. Получалось впечатление, что свет излучается и поглощается квантами (фотонами), а распространяется волнами.

Напротив, в учении о строении атома утвердился боровский принцип дискретности: электрон рассматривался как классическая частица, как миниатюрный шарик, движение которого вокруг атомного ядра совершается по строго определенной, точно очерченной орбите. Такое представление, однако, не позволяло решить ряд трудностей, возникавших по линии объяснения спектральных свойств атома.

Обе странные ситуации, сложившиеся одновременно и в оптике, и в учении о строении атома, оказались сопряженными, и это тоже казалось парадоксальным. В 20-х годах Эйнштейн создал новую квантовую статистику, известную под именем статистики Бозе—Эйнштейна. Из нее он вывел числовые уравнения, внешне похожие на те, которые отображают какие-то интерференционные, следовательно, волновые процессы. У одинаковых частиц в соответствующей статистической совокупности (например, молекул) такая «интерференция волн» отсутствует, и для того, чтобы она появилась, необходимо,

чтобы частицы хотя бы немного различались между собой. Исходя из этого Эйнштейн пытался по-своему объяснить парадокс Гиббса, о котором речь шла в начале этой (третьей) части.

Но здесь гораздо важнее другое: через свою статистику Эйнштейн совершенно случайно нащупал путь к преодолению отмеченного парадоксального состояния микрофизики того времени, т. е. того разрыва, который образовался между представлением о дискретности и о непрерывности микрообъектов, о корпускулярности и волнообразности их свойств.

В 1923 г. французский физик Луи де Бройль, находясь под влиянием идей Эйнштейна, выдвинул идею волновой механики, как первый шаг к созданию квантовой механики. Эта идея состояла в том, что любая микро-частица материи — и вещества (e^-) и света (фотон, или световой квант) представляет собой единство волны и корпускулы, непрерывной и дискретной природы. Волнам определенной длины сопоставляется (находится в суперпозиции, по выражению де Бройля) определенная корпускула, а каждой корпускуле — волна определенной длины. Мысль де Бройля привела, таким образом, во взаимную связь два ранее обособленных числа: дискретную природу света, представленную планковским числом h , и длину волны, понятием которой оперировала волновая теория, причем единство обоих чисел она распространила одновременно на все физические микрообъекты — и на «атомы» света (фотоны), и на частицы вещества (e^- и др.).

В 1924 г. де Бройль опубликовал свою работу.

Разрешу себе второе отступление. В 1965 г. проходил Международный коллоквиум, посвященный 10-летию со дня смерти Эйнштейна. Представлять нашу страну было поручено мне. Я внимательно прослушал доклад Л. де Бройля, в котором докладчик красочно повествовал о том, как его мысль долго блуждала вокруг описанной выше парадоксальной ситуации в микрофизике, пока она под влиянием работ Эйнштейна не натолкнулась на идею единства («суперпозиции») волн и корпускул. При этом де Бройль рассказывал о своей переписке с Эйнштейном тех лет, и как Эйнштейн подталкивал мысль его, де Бройля, в нужном направлении. Кстати сказать, на том же коллоквиуме я дважды слушал выступления немецкого физика В. Гейзенберга по совре-

менным вопросам квантовой механики и поисков уравнения единого поля, о чем здесь я не могу говорить подробнее.

В 1926 г. австрийский физик Э. Шредингер, развивая идеи де Бройля, вывел основное волновое уравнение квантовой механики, а в 1927 г. Гейзенберг сформулировал соотношение неопределенности. В оба эти выражения вошло планковское число h . В основе числовых выражений квантовой механики по-прежнему лежала главная идея, найденная мыслью де Бройля, о том, что волнам микрообъектов сопоставляется их корпускулярность, что луч микрочастиц обнаруживает не только корпускулярные, но и волновые свойства.

Однако материальность волновых процессов, совершающихся в потоке e^- , ставилась одно время под сомнение. Утверждалось, что волны, с которыми имеют дело в уравнении Шредингера, это — не реальные волны материи, но лишь волны вероятности, носящие, следовательно, математический характер.

Однако в 1927 г. американские физики К. Дж. Дэвиссон и Л. А. Джермер открыли явление диффракции электронов e^- при их отражении от монокристалла. Это доказывало, что они ведут себя не только как корпускулы, но и как волны, и что эти волны носят отнюдь не математический, а вполне реальный, физический характер, подчиняясь всем законам обычной оптики. На этой основе был вскоре сконструирован электронный микроскоп и быстрыми темпами развилась новая электронная оптика.

Так в истории науки благодаря творческой мысли ученых был преодолен еще один парадокс.

Часть IV. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧИСЛА И МЫСЛИ В ИСТОРИИ НАУКИ

9. Символика элементов творческого акта (ЭТА) научных исследований, открытий и заблуждений в аспекте взаимодействия числа и мысли

Понятие элемента ЭТА. После того, как разобрано в историческом разрезе достаточно большое количество различных исследований, открытий и заблуждений в на-

уке, обратимся к их систематизации. С этой целью выделим отдельные элементы творческого акта (ЭТА) путем аналитического расчленения цельного познавательного процесса на различные его стороны или стадии. Понятие элемента творческого акта (ЭТА) предполагает, что мы исходим из того, что в чрезвычайно сложном и многогранном явлении, каким является процесс научного творчества вообще, а значит, и протекающий в аспекте взаимодействия числа и мысли, могут быть вычленены некоторые его элементарные компоненты в виде различного рода связей, начиная от первичного установления факта (числа) эмпирическим путем и кончая завершающим теоретическим построением, получением из него дедуктивных выводов и их проверкой на опыте, на практике.

Мы допускаем далее, что соответствующим сочетанием различных ЭТА можно обратно составить, но, разумеется, лишь в самых общих чертах исходный творческий процесс, который перед тем был подвергнут аналитическому расчленению на отдельные ЭТА. Подчеркнем, что выделенные нами ЭТА не равнозначны между собой ни по своему значению и удельному весу во всем творческом акте, ни по своему познавательно-психологическому характеру.

Согласно такому взгляду, мы можем рассматривать в целом весь процесс исследования и открытия (включая и временные заблуждения научной мысли) как образованный из нескольких своих ЭТА.

Каждый такой ЭТА обозначим особым символом — буквой латинского алфавита. Если научная мысль работала нормально и правильно, то символ берется без дополнительного обозначения. Если же она работала неправильно, ошибочно и приводила к заблуждению, то над символом ЭТА ставится черта (знак отрицания).

Далее рассматриваются в последовательном порядке символы различных ЭТА с подразделением их на такие, которые касаются правильной работы мысли (левая колонка — положительные ЭТА) и неправильной ее работы (правая колонка — отрицательные ЭТА). Таким образом, мы получим 40 ЭТА — 20 положительных и 20 отрицательных. Приведем первые пять тех и дру-

*Правильно работающая
научная мысль, ведущая
к истине:*

- a* — установление отдельного эмпирического числа, имеющего реальное, фактическое значение, его констатация;
- b* — связывание отдельных случайных чисел в ряд, обнаруживающий определенную правильность;
- c* — обнаружение в составленном ряду числа эмпирического закона или правила, выступающего как резюмирование всего данного ряда чисел;
- d* — теоретическое объяснение реальной (вещественной) сущности эмпирически найденного ряда чисел и его резюмирования в виде закона или правила;
- e* — доведение числовых данных опыта путем экстраполяции до их предельных значений

*Ошибочно работающая
научная мысль, ведущая
к заблуждению:*

- \bar{a}* — нахождение фиктивного числа, не имеющего реального значения, но принимаемого за нечто реальное, подобно «средним» числам в социально-экономической статистике, отрицание реальных фактов;
- \bar{b}* — неспособность связать между собой разные числа в общий ряд или же связывание их неправильно, произвольно, или же остановка на эмпирической стадии исследования;
- \bar{c}* — неспособность вывести эмпирический закон в общем ряду связанных между собой чисел или же выведение ложного закона;
- \bar{d}* — неверное представление о материальной (вещественной) основе ряда чисел соответственно эмпирическому закону или правилу, этот ряд резюмирующему;
- \bar{e}* — неспособность довести числовые данные опыта до их предельных значений.

ФОРМУЛЫ ОТДЕЛЬНЫХ ИЛИ РЯДА
ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ОТКРЫТИИ
И ЗАБЛУЖДЕНИИ

Обозначения. Переходим к составлению формул истории научных исследований и открытий, составленных из выделенных выше ее элементов в аспекте взаимодействий числа и мысли. В дополнение к уже принятой символической введем следующие обозначения. Если соответствующие элементы имели место не у самого автора данного исследования или открытия, а у его предшественников, то они ставятся в круглые скобки, а если речь идет о его продолжателях, то — в квадратные скобки. Тот элемент, который сыграл решающую роль в ис-

тории данного открытия, обозначается заглавной буквой.

Ниже для примера рассматривается несколько историко-научных событий, причем отмечаются лишь некоторые, самые главные их элементы. Их нумерацию смотрите в приведенном выше перечне открытий.

Открытие Бойлем (см. № 2) первого газового закона. Отдельные измерения p и v воздуха дали правильные числа (a). Они были приведены затем в правильную связь путем их сопоставления (b). Наконец, правильно был открыт в их связи эмпирический закон. Причем это сыграло решающую роль (c). Все эти элементы открытия осуществил Бойль. Его открытие продолжил Ньютон, дав ему атомистическое толкование [d]. Таким образом получаем формулу истории данного открытия: $ab—c—[d]$.

Открытие критического состояния у вещества (см. № 6, а). Этому открытию предшествовало ожижение многих газов, кроме некоторых «постоянных» (a). Их мнимому постоянству было дано неверное толкование (\bar{d}) в духе метафизической его абсолютизации. Менделеев проследил посредством экстраполяции изменение свойств системы вплоть до предельного их значения e и за этим пределом, открыв критическую T жидкости D , переходящей в этом пределе в критическое состояние, а за ним — в неожижаемый газ. Эндрюс продолжил эту работу, а Кайете и Пикте осуществили реально ожижение «постоянных» газов, подтвердив представление о критическом состоянии [d]. Отсюда для истории данного открытия имеем формулу: $(a\bar{d})—eD—[d]$.

Открытие валентности (№ 9). Понятию валентности предшествовало учение Жерара о типах, в котором устанавливались эмпирические формулы, учитывающие число паев, которое может удерживать типический элемент — Н, Cl, O, N, впоследствии С. Это было простым связыванием эмпирически найденных чисел в ряд (b) и выведение отсюда эмпирического закона, подобного закону гомологических рядов Жерара (c). Всему этому Кекуле и Купер дали теоретическое объяснение на атомистической основе, введя понятие атомности (валентности) D , так что историю этого можно записать так: $(bc)—D$.

Деление ядра (см. № 25). После открытия нейтрона Чадвиком Ферми воздействовал нейтронами на ядро урана и получил вторичное бета-излучение (a),

которому дал неверное объяснение (\bar{a}). Когда же в продуктах распада был обнаружен Ва (a), то Ган и Штрассман нашли верное объяснение, открыв реакцию деления тяжелого атомного ядра на две части D . Формула истории данного открытия: $a\bar{a}a - D$.

Созданию Дарвином эволюционного учения в биологии (см. № 29) предшествовало ложное учение о народонаселении Мальтуса, который незаконно перенес числовые отношения, наблюдаемые в природе (b), на общество (\bar{b}) и выдал их за фиктивный закон (\bar{c}). Дарвин же из тех же числовых отношений (b) вывел и обосновал положения о борьбе за существование, о естественном отборе и о выживании более приспособленных к условиям жизни существ. Попытки отрицать дарвинизм с позиций «нового в учении о виде» [\bar{d}] были полностью опровергнуты [d_2]. Имеем формулу: $(b\bar{b}c) - D - [\bar{d}d]$.

Этим мы заканчиваем составление формул для различных конкретных случаев взаимосвязи числа и мысли, имевших место в истории науки. В дальнейшем переходим к их обобщающему анализу с позиций соотношения истины и заблуждения.

10. Взаимоотношения между числом и мыслью с точки зрения противоречия истины и заблуждения

Обобщенные формулы соотношений между истинными A и ложными \bar{A} , числом и мыслью. Итак мы разобрали случаи различных соотношений между числом и мыслью. Продолжим теперь их сравнительный анализ рассмотрением с точки зрения того, как в них реализуется проблема истины и заблуждения.

Обозначения. Попытаемся теперь составить формулы для выражения различных видов взаимодействия между числом и мыслью. Основу для этого составит их разделение на *истинные A* и *ложные \bar{A}* . Обозначим истинное число $ч$, истинную мысль $М$, ложное число $\bar{ч}$, ложную мысль $\bar{М}$. Они дадут четыре различных типа сочетаний: 1) истинное — истинное AA , 2) ложное — ложное $\bar{A}\bar{A}$, 3) ложное — истинное $\bar{A}A$, 4) истинное — ложное $A\bar{A}$. Для 1-го и 2-го типов характерна логическая последо-

вательность, изображаемая стрелкой \rightarrow . Она означает либо выведение из числа и обобщение чисел (число \rightarrow \rightarrow мысль), либо предвидение и предвычисление (мысль \rightarrow число). Число, предвиденное мыслью, и мысль, выведенная из числа, изображаются обратной стрелкой \leftarrow (число \leftarrow мысль; мысль \leftarrow число).

Для 3-го типа характерно преодоление или разрушение ложного истинным, что изображается знаком \times (истинное \times ложное). Для 4-го типа — препятствие, создаваемое ложным на пути к истинному, изображается знаком (ложное|истинное).

Таким образом можно представить различные соотношения между истиной и заблуждением в истории науки.

Истинное — истинное: АА. Сюда относятся следующие случаи: истинное число \bar{c} приводит путем своего обобщения или своего объяснения (толкования) к рождению новой истинной мысли \bar{M} :

$$\bar{c} \rightarrow \bar{M}. \quad (I)$$

Истинная мысль \bar{M} предвидит или предвычисляет новое истинное число \bar{c} :

$$\bar{M} \rightarrow \bar{c}. \quad (II)$$

Истинная \bar{M} через подтверждение предвычисленно-го \bar{c} , сама обогащается, углубляется и развивается в \bar{M}' :

$$\bar{M} \rightarrow \bar{c} \rightarrow \bar{M}'. \quad (III)$$

Ложное — ложное: $\bar{A}\bar{A}$. Эти отношения повторяют предыдущие, но как бы в негативной форме. Ложное \bar{c} , будучи обобщено или истолковано, приводит к появлению ложной \bar{M} , ложного теоретического представления.

$$\bar{c} \rightarrow \bar{M}. \quad (IV)$$

Ложная \bar{M} , будучи неправильно направленной, приводит к предвычислению ложного \bar{c} :

$$\bar{M} \rightarrow \bar{c}. \quad (V)$$

Ложная \bar{M} через предвычисленное ею ложное \bar{c} получает дальнейшее усиление своей ложности в виде углубления исходной \bar{M} и превращения ее в \bar{M}' :

$$\bar{M} \rightarrow \bar{c} \rightarrow \bar{M}'. \quad (VI)$$

Сопоставляя три последних выражения с первыми тремя, мы видим, что выражения (IV), (V) и (VI) для ложных

$\bar{ч}$ и $\bar{М}$ суть антиподы соответствующих им выражений (I), (II) и (III) для истинных $ч$ и $М$.

Ложное — истинное: $\bar{АА}$. В таком типе взаимодействия между числом и мыслью характерно возведение ложным (числом или мыслью) препятствия (|) на пути к познанию истинного (мысли или числа). Здесь можно указать на следующие случаи:

Ложное $\bar{ч}$ возводит препятствие на пути к истинной $М$:

$$\bar{ч} | М. \quad (VII)$$

Ложная $\bar{М}$ препятствует предвычислению истинного $ч$:

$$\bar{М} | ч. \quad (VIII)$$

Истинное — ложное: $А\bar{А}$. В этом типе взаимодействия между числом и мыслью истина одерживает победу над заблуждением. Здесь истинные $М$ или $ч$ разрушают (X) препятствия (|), возведенные ложными $\bar{ч}$ на пути к истинной $М$ и ложной $\bar{М}$ на пути к истинному $ч$. Тут возможны следующие случаи.

Истинное $ч$ разрушает препятствие, возведенное на пути к истине ложной мыслью $\bar{М}$:

$$ч \times \bar{М}. \quad (IX)$$

Истинная $М$ разрушает препятствия на пути к истине созданное ложным $\bar{ч}$:

$$М \times \bar{ч}. \quad (X)$$

Истинное $ч$ разрушает препятствие на пути к истинной $М$, возведенное ложной $\bar{М}$, вытекшей из ложного $\bar{ч}$

$$ч \times \bar{М} (\leftarrow \bar{ч}). \quad (XI)$$

Соответственно этому истинная $М$ может разрушить препятствие к истинному $ч$, возведенное ложным $\bar{ч}$, предвычисленным ложной $\bar{М}$:

$$М \times \bar{ч} (\leftarrow \bar{М}). \quad (XII)$$

Очевидно, что выражения (IX), (X) суть антиподы выражений (VII), (VIII). Последние два показывают, как преодолеваются и разрушаются препятствия на пути к истине, возведенные заблуждением, т. е. как истина в конечном счете побеждает заблуждение.

Можно еще дальше разворачивать приведенные выше положения, комбинируя в более сложных сочетаниях \bar{c} , \bar{M} , \bar{c} и \bar{M} , но мы ограничимся сказанным.

ТЕОРЕТИКО-ПОЗНАВАТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ЧИСЛОМ И МЫСЛЬЮ

Правильные взаимоотношения между числом и мыслью. Закljučая наше исследование, подытожим сначала то, что было сказано по поводу правильно сложившихся и правильно действующих взаимосвязей между числом и мыслью. Такие взаимосвязи вырабатываются обычно сразу или же складываются в конечном счете, ибо истина в истории науки в конце концов выходит наружу и пробивается как луч света через туман предшествующих заблуждений. В самом ходе познания, как правило, соотношение между числом и мыслью складывается нормально и правильно, оно соответствует в целом взаимосвязи между эмпирией и теорией, т. е. между эмпирической и теоретической ступенями познания. Исторически первая ступень предшествует второй, причем первая позволяет накапливать разрозненные факты, а вторая сводит их воедино, обобщает и объясняет.

Такая последовательность обеих ступеней познания не только не отрицает ведущей, направляющей роли теоретического мышления по отношению к эмпирическому, опытному познанию, но, напротив, прямо предполагает у мышления эту его роль. Теоретическое мышление в его развитой форме задумывает и планирует опытное, эмпирическое исследование, корректирует его ход, подводит его итоги, раскрывает смысл полученных результатов.

В свою очередь, эмпирическое исследование на высокой ступени развития познания может не только предшествовать теоретическому мышлению, служа для него питательной почвой, но и следовать за ним, проверять правильность намеченного им пути познания и выдвинутых им предположительных объяснений и гипотез.

Как видим, в настоящее время обе ступени познания тесно переплетаются между собой, находят одна на другую, как это замечательно подтверждает положение М. В. Ломоносова о том, что эмпирическое исследование — это руки, а теоретические воззрения — очи ученого. Первые — делают, вторые — видят, Опыт без теории —

это все равно как руки без очей, действующие вслепую, наощупь. Теория без опыта — одни очи без рук, без опоры. Поэтому «истинный химик должен быть теоретиком и практиком»⁵⁷. Он должен познавать на опыте то, что доказывает, и уметь теоретически доказывать познанное на опыте.

Таким образом, уже Ломоносову была ясна взаимность отношений между эмпирией и теорией.

Примерно такую же картину мы видим и во взаимоотношениях между числом и мыслью.

Число питает мысль, служит пищей для ее работы, для размышлений. Оно подготавливает для нее почву, фактическую основу, не дает возможности ей стать парящей в воздухе, беспочвенной. Число, предположенное мыслью, в случае его последующего обнаружения подтверждает собою правильность того, что мы угадали мыслью.

Мысль раскрывает спрятанный в числе и за ним его смысл, освещает то, что в нем содержится, и этим объясняет его; под ее воздействием число становится осмысленным, она целенаправленно вызывает его к жизни, предположительно овеществляет его, духовно материализует.

Раскрывая истинную связь между опытным и теоретическим естествознанием, между эмпирией и обобщением, Энгельс писал: «Мы все согласны с тем, что в любой научной области — как в области природы, так и в области истории — надо исходить из данных нам *фактов*... и что, следовательно, также и в теоретическом естествознании нельзя конструировать связи и вносить их в факты, а надо извлекать их из фактов и, найдя, доказывать их, насколько это возможно, опытным путем»⁵⁸.

Словом, это две органически взаимодополняющие друг друга и взаимообогащающие одна другую ступени познания.

Нарушение взаимосвязи между числом и мыслью. Оно аналогично нарушению правильного соотношения между эмпирией и теорией, когда эмпирия становится ограниченной, превращаясь в узкий эмпиризм, а теория беспредметной, превращаясь в голое теоретизирование.

⁵⁷ Ломоносов М. В. Полн. собр. соч., т. 1, с. 71.

⁵⁸ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 370—371.

В результате создается такое ненормальное положение, когда теоретики отрываются от опытной основы науки, и те, кто разрабатывает эту основу, лишают себя возможности для понимания самой этой основы, ее сущности.

Если условие, необходимое для правильной взаимосвязи между эмпирией и теорией, не соблюдено, опыт становится неосмысленным, а теория — беспредметной, спекулятивной. В итоге возникают как бы две крайние формы нарушения правильного соотношения между теорией и эмпирией, с одной стороны, «безудержное теоретизирование натурфилософов», а с другой — «самая плохая эмпирия, презирующая всякую теорию и относящаяся с недоверием ко всякому мышлению»⁵⁹.

Сказанное прямо касается и соотношения между числом и мыслью: полученное число, но оставшееся неосмысленным, буквально повисает в воздухе, превращается в констатацию случайного факта, отрывочного или даже пусть соединенного с другими такими же числами в один общий ряд, лишенный однако внутреннего смысла.

В свою очередь, мышление, не способное правильно оперировать числами, вырождается в создание фиктивных, фантастических представлений и тем самым неизбежно заводит мысль ученых в тупик, выход из которого оказывается только один: переход мысли на верный путь, преодоление ею своего отклонения от этого пути и приобретение ею способности правильно оперировать числами. Пока мысль бессильна это сделать, она допускает обманчивую «игру в цифирики», против которой решительно выступал В. И. Ленин.

Следовательно, здесь в центре внимания стоит необходимость правильного мышления. Энгельс говорил: «Сколько бы пренебрежения ни выказывать ко всякому теоретическому мышлению, все же без последнего невозможно связать между собой хотя бы два факта природы или уразуметь существующую между ними связь. Вопрос состоит только в том, мыслят ли при этом правильно или нет, — а пренебрежение к теории является, само собой разумеется, самым верным путем к тому, чтобы мыслить натуралистически и тем самым непра-

⁵⁹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 381.

вильно. Но неправильное мышление, если его последовательно проводить до конца, неизбежно приводит, по давно известному диалектическому закону, к таким результатам, которые прямо противоположны его исходному пункту»⁶⁰.

Применительно специально к соотношению между числом и мыслью это общее положение Энгельс выразил так, что привычка вычислять может отучить ученых мыслить, т. е. что получение чисел может превратиться в самоцель при недопущении сюда мысли, при ее игнорировании. «А вычисления... отучили механиков от мышления...»⁶¹, — констатирует по одному такому случаю Энгельс.

Общие теоретико-познавательные посылки соотношения числа и мысли. Энгельс. Ленин. Теперь мы можем поставить общий философский вопрос: каков гносеологический и вместе с тем диалектико-методологический аспект всей проблемы о соотношении числа и мысли? Каким образом она вырастает и вытекает из самого хода познания — человеческого вообще и научного в частности? Где познавательный источник возможности превращения числа в голую цифирику и вместе с тем, где источник преодоления мыслью этой возможности?

Чтобы ответить на все такие вопросы, нужно прежде всего выяснить, как возникает самое число в ходе всего человеческого познания. Человек в своем развитии сначала имеет дело с отдельными предметами. Он их еще не умеет считать, т. е. выражать в числах, а умеет лишь отмечать как качественно индивидуальные вещи. Он может ответить на вопрос: *что* это такое? Но понятия *сколько?* у него еще не выработалось. Это обстоятельство отражается в языке на ранних стадиях развития народа. Обычно главный предмет их производственной практики требует ответа на хотя бы неясно поставленный вопрос: *сколько?* Например, сколько лошадей запряжено в повозку? Это особенно, разумеется, у кочевых народов. Но так как слов числительных еще не возникло, поскольку не сформировалось самое понятие о числе. достаточно абстрактное, то язык рождает нерасчлененные слова, в которых обозначение числа и качественно

⁶⁰ Маркс К, Энгельс Ф. Соч, т. 20, с. 382.

⁶¹ Там же, с. 422.

определенного предмета слито воедино, например (в отношении лошадей): пара, тройка, четверка.

«Эта пара, царь, моя, и хозяин тоже я» (Ершов). Так сказанное выше отразилось в русском эпосе.

На более высокой ступени развития возникает способность счета и выражения его результата в виде абстрактного числа: 1, 2, 3, 4 и т. д. Но это длительный и сложный процесс отделения числа, ранее слитого воедино с качественно определенным предметом, от этого последнего, когда вместо одного слитного слова «пара» начинают говорить «две лошади», т. е. употребляют уже два существенно *разных* слова: одно — числительное, другое — существительное, обозначающее предметы, число которых подсчитывается.

Такое расчленение ранее единого слова на два слова, отдифференцировавшихся друг от друга по их смысловому значению, показатель того, что мысль, выражаемая словами, достигла более высокого уровня своего развития. Заметим, что и детское мышление в своем развитии в сущности повторяет в общих чертах путь, пройденный всей человеческой мыслью. Сначала ребенок осваивается с именованными числами: три яблока, пять яблок. После этого его мышление постепенно научается абстрагироваться от качества предметов, подлежащих счету, и мысль ребенка научается считать: 3, 4, 5, переходя тем самым к отвлеченным числам. Задача школы научить мысль ребенка абстрагировать количество от качества.

Процесс образования понятия о числе Энгельс прослеживает следующим образом: «Понятия числа и фигуры взяты не откуда-нибудь, а только из действительного мира. Десять пальцев, на которых люди учились считать, т. е. производить первую арифметическую операцию, представляют собой все, что угодно, только не продукт свободного творчества разума»⁶².

Другими словами, мысль не выдумывает числа, а извлекает их из реального мира, который она познает. Но как она это делает? Энгельс отвечает: «Чтобы считать, надо иметь не только предметы, подлежащие счету, но обладать уже и способностью отвлекаться при рассматривании этих предметов от всех прочих их свойств кроме числа, а эта способность есть результат

⁶² Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 37.

долгого, опирающегося на опыт, исторического развития. Как понятие числа, так и понятие фигуры заимствованы исключительно из внешнего мира, а не возникли в голове из чистого мышления»⁶³.

Количественные отношения действительных вещей, выражаемые числами,— это весьма реальный материал. «Тот факт, что этот материал принимает чрезвычайно абстрактную форму,— предупреждает далее Энгельс,— может лишь слабо затушевать его происхождение из внешнего мира. Но чтобы быть в состоянии исследовать эти формы и отношения в чистом виде, необходимо совершенно отделить их от их содержания, оставить это последнее в стороне как нечто безразличное... Точно так же выведение математических величин друг из друга, кажущееся априорным, доказывает не их априорное происхождение, а только их рациональную взаимную связь... Как и все другие науки, математика возникла из *практических потребностей* людей... Но, как и во всех других областях мышления, законы, абстрагированные из реального мира, на известной ступени развития отрываются от реального мира, противопоставляются ему как нечто самостоятельное...»⁶⁴

По сути дела, Энгельс раскрыл здесь соотношение между качественной и количественной (выражаемой числом) сторонами изучаемой вещи. Еще Гегель определил качество как тождественное с бытием определение вещи, а количество — как равнодушное к бытию ее определение. «Тождественное» в том смысле, что категория качества выражает специфичность, присущую вещи и отличающую ее от других вещей. «Равнодушное» в том смысле, что категория количества отвлекается от качественной стороны подсчитываемых вещей, как от чего-то ей безразличного.

Проблема соотношения числа и мысли с этой гносеологической точки зрения может быть истолкована так: сегодня ученые давно уже указанным выше способом умеют получать числа природы опытным путем, абстрагируя их от качественного конкретного содержания изучаемых вещей и явлений. Задачей мысли в этих условиях становится — приобрести умение вновь связывать число с той реальной действительностью, от которой эта же самая человеческая мысль в свое время научи-

⁶³ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 37.

⁶⁴ Там же, с. 37—38.

лась «отвязывать», отвлекать число от вещественного мира, делать его безразличным, «равнодушным» к качеству вещей.

В этом, собственно говоря, и состоит задача соединения числа с мыслью, которое *восстанавливает* на высшем уровне связь количества (числа) с качеством, нарушенную ранее путем абстрагирования количества от качества. В итоге мысль должна замкнуться, придя к тому единству количества (числа) и качества, с которого она начинала. Только вначале это единство выступало недифференцированно, как непосредственно данное. Теперь же на заключительной стадии познания оно выступает как синтез, как соединение вычлененных перед тем качественной и количественной сторон познаваемого предмета и вместе с тем как сплавление числа и мысли.

Здесь своеобразно действует диалектический закон отрицания отрицания: сначала дается исходная связь количества с качеством. Затем она «отрицается» (посредством абстрагирования), происходит временный разрыв между обеими сторонами. После этого «отрицается» этот их разрыв, и, следовательно, через такое «отрицание отрицания» безразличное («равнодушное к бытию») определение вещи вновь обретает живое, вещественное содержание.

Однако может случиться так, что за первым «отрицанием» не сразу последует второе, более того, что начатое правильно абстрагирование пойдет дальше, чем нужно, и в одностороннем порядке примет гипертрофированные размеры. Так было в античности, когда Пифагор рассматривал число, количественную определенность как сущность вещей. Абсолютизирование количественной стороны вещей и процессов в Новое время породило специфическое течение механицизма. Это было своеобразным отрывом одной из граней человеческого познания от всего познавательного процесса в целом и превращение ее в самостоятельное направление, в прямую линию, которая в виде касательной отрывается от всего процесса познания, совершающегося как бы по спирали.

Здесь конкретизируется ленинское положение о противоречивом характере общего хода человеческого познания: «Познание человека не есть (respectively не идет по) прямая линия, а кривая линия, бесконечно приближающаяся к ряду кругов, к спирали. Любой отрывок,

обломок, кусочек этой кривой линии может быть превращен (односторонне превращен) в самостоятельную, целую, прямую линию...»⁶⁵

Именно так вырастает механицизм, абсолютизирующий число, из обломка общей линии познания, образующегося в результате отрыва числа от мысли соответственно тому, как вырывается количественная сторона из всего богатства сторон познаваемого предмета. Преодолеть такую односторонность, такой отрыв части от целого и связать число и мысль между собой — задача правильного мышления. Рассмотрению того, как решается эта задача в истории науки, в значительной мере и посвящена данная работа.

⁶⁵ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 322.



И. М. ЯГЛОМ,
доктор физико-математических наук

ПОЧЕМУ ВЫСШУЮ МАТЕМАТИКУ ОТКРЫЛИ ОДНОВРЕМЕННО НЬЮТОН И ЛЕЙБНИЦ?

(Размышления о математическом мышлении
и путях познания мира)

Настоящая статья имеет характер не констатации бесспорных фактов, а размышлений на интересующую меня тему; основная ее цель — побудить читателя задуматься над затронутыми здесь вопросами. Я убежден, что в обсуждаемой области нас еще ждут крупнейшие открытия; однако последуют они, вернее всего, не очень скоро. Укажу еще на упрощение и огрубление реальной ситуации, к которым меня частично вынуждают ограниченные размеры статьи, а частично я прибегаю сознательно, с тем чтобы более выпукло оттенить свои мысли. Так, например, разумеется, реально каждому человеку в той или иной степени присущи оба рассматриваемые в статье типа мышления, причем у выдающихся ученых

их переплетение, как правило, заметно особенно хорошо (ср. со сказанным ниже о Г. Вейле).

1. Нетрудно проследить за чередованием наук, точнее за трансформацией той дисциплины, которую в данный исторический период человек склонен считать «самой главной» в связи с мировоззренческим ее характером, с ее ролью в том, что в этот период воспринимается как «научная картина мира»: век техники — век физики —..., — а дальше что? XIX век по праву называют веком техники; он породил гордого своим всемогуществом *homo faber* — «человека делающего», техника, инженера, противопоставляемого традиционному биологическому виду *homo sapiens* — «человек мыслящий» (это качество общее для всех, им не гордятся). Пренебрежение, с каким отнесся безжалостный XX век к некогда столь драгоценному званию, демонстрирует жестокий роман швейцарца Макса Фриша «Гомо Фабер», хорошо знакомый и русскому читателю. Первая половина нашего столетия определенно прошла под знаком физики: слова «теория относительности» или «квантовая механика» звучали возвышенно и призывно; казалось, еще несколько шагов — и физики полностью раскроют все загадки Вселенной. Затем наступил расцвет кибернетики; сегодня мы уже явственно видим контуры наступающего «века биологии», предвестником которого явились расшифровка биологического «кода жизни» и геновая инженерия. Рискую ошибиться, я, пожалуй, выскажу предположение о том, что где-то в XXI веке на смену (еще даже по-настоящему и не наступившему сегодня) веку биологии придет «век психологии»; некоторые основания этому прогнозу дают выдающиеся открытия последних десятилетий и лет в области высшей нервной деятельности человека, в частности, то внимание (и понимание), с каким относятся ныне к довольно уже старому выводу о несимметрии двух полушарий головного мозга, превращающей умственную деятельность людей в своеобразный «двухмашинный комплекс» со специфическими задачами у «левого» и у «правого» мозга. Характерно в этом отношении последнее присуждение Нобелевских премий по биологии и медицине (за 1981 год) профессору психологии Калифорнийского технологического института Роджеру Сперри: премия присуждена ему за исследования в области несимметрии головного мозга (за

наблюдения над больными с перерезанным «мозолистым телом», соединяющим два полушария мозга).

Хорошо известно, что высшую математику (дифференциальное и интегральное исчисление) почти одновременно и независимо открыли сразу два ученых, которые оба, безусловно, принадлежат к числу глубочайших умов во всей истории европейской мысли: Исаак Ньютон и Готфрид Вильгельм Лейбниц. Но зачем понадобилось, чтобы это выдающееся открытие сделали сразу двое? Не означает ли указанный факт недопустимую расточительность в использовании интеллектуальных ресурсов человечества? Я понимаю, что так сформулированный вопрос звучит довольно странно, что, однако, само по себе еще вовсе не является основанием для того, чтобы просто снять его.

Естественно считать, что все в мире имеет определенный смысл, который мы, однако, не всегда в состоянии сразу расшифровать. Так почему же математический анализ создали Ньютон и Лейбниц, аналитическую геометрию — Декарт и Ферма, неевклидову геометрию — Лобачевский и Бойяи, теорию функций комплексной переменной (переменной $z = x + iy$, $i^2 = -1$) — Риман и Вейерштрасс, векторное исчисление — Гамильтон и Грасман и т. д.? Примеров такого рода набирается слишком много для того, чтобы их можно было счесть просто случайными, скорее всего, здесь что-то есть: «Ведь если звезды зажигают — значит, это кому-то нужно».

Так мы подошли к вопросу о двух в чем-то противоположных типах мыслительной деятельности: логическом или аналитическом, склонном разбирать на отдельные клеточки любую ситуацию, с которой человек встречается, и картинном или синтетическом, стремящемся обозреть любую сущность в целом; на языке сегодняшнего дня мы скажем о «левомозговом» и «правомозговом» типах мышления. Хорошо известно (см., в частности, литературу, названную в конце статьи), что левое и правое полушария головного мозга имеют совершенно разные функции. Если говорить о стандартном случае правши (мышление левшей и так называемых амбидекстров, у которых левая и правая руки равноправны, имеет много особенностей, которых здесь касаться неуместно), то левое полушарие отвечает за логический анализ; оно же управляет речью, письмом и другими алгоритмическими процедурами, связанными с упорядо-

ценным набором действий. На языке математики можно также (разумеется, с известной долей условности) говорить об «алгебраическом» полушарии, поскольку язык алгебраических формул (или логических формул, которые, впрочем, можно рассматривать как частный случай формул алгебраических) безусловно хранится в левом полушарии мозга. В противоположность этому правое, синтетическое, полушарие командует зрением и картинным восприятием мира; математик бы, пожалуй, назвал это полушарие «геометрическим». При этом у разных людей более развито «левомозговое» или «правомозговое» мышление: имеются даже данные, утверждающие, что в подобных случаях соответствующее полушарие оказывается большим по объему и более тяжелым, чем второе. Любой математик какого угодно уровня укажет среди своих знакомых прирожденных алгебраистов, мыслящих преимущественно формулами, и прирожденных геометров, основу математического мышления которых составляет целостное, картинное восприятие мира. При этом оба типа мышления, видимо, одинаково важны для познания Вселенной — и ни одному из них нельзя отдать никакого предпочтения.

2. Вопрос о происхождении человека не является полностью решенным и сегодня — в нем есть свои трудности и свои подводные камни. Хорошо известно, что так называемые кроманьонцы вытеснили неандертальцев, частично являвшихся их современниками. Но если неандертальцы отличались от нас еще очень значительно, то мышление кроманьонцев, обладавших развитым искусством (петроглифы), волнующим нас и сегодня, и продвинутой математикой, о чем мы еще скажем ниже, было уже к нашему достаточно близко. В частности, нет никакого сомнения, что кроманьонцы обладали развитой речью, требующей специализированного «языкового» (левого) полушария головного мозга. Разумеется, уже и мозг неандертальцев был в известной степени несимметричен, как несимметричен он у большинства животных; однако можно предположить, что только у кроманьонского человека система высшей нервной деятельности представляла собой «двухмашинный» комплекс, подобно мозгу современного человека. Искусство кроманьонцев интересно для нас еще и потому, что многочисленные изображения древних охотников с полной определенностью доказывают, что оружие и орудия тру-

да кроманьонцы всегда держали в правой руке, подобно тому как поступают и наши современники, в то время как у животных (и возможно, у неандертальцев) определенное превосходство правых конечностей над левыми, как правило, еще нет.

О математических знаниях кроманьонцев мы можем судить по наскальным рисункам, отличающимся поразительным чувством формы (геометрия!); еще выразительнее иллюстрируют геометрические знания древнего человека многочисленные орнаменты ритуального, а позднес и бытового характера, зачастую обладающие достаточно нетривиальной симметрией. Другой источник наших знаний о «математике кроманьонцев» — числовые амулеты (арифметика и алгебра!). Древние числовые амулеты, нанесенные на специальные пластинки, на браслеты, на скульптурные изображения, зачастую содержат до нескольких сотен отметок, сгруппированных в достаточно сложные числовые орнаменты (основу которых, как правило, составляет выделение групп по 7 или по 14 отметок, что явно было связано с семидневной лунной неделей). Таким образом уже на самом раннем этапе познания первых математических фактов математика интересовала человека в обоих своих ипостасях — как геометрия и как алгебра.

Об алгебре и геометрии древних вавилонян и египтян — глубоко продвинутых, но в значительной степени сохранявших характер естественнонаучных дисциплин, — написаны толстые книги; мы здесь оставим эту тему в стороне и обратимся непосредственно к «греческому чуду» (таким подзаголовком открывается глава о Древней Греции в т. 1 названной в конце статьи книги [11]), т. е. к феномену возникновения (доказательной!) математики в VI в. до н. э. Известно, что создание математики, понимаемой как логическая наука, в которой главную роль играют дедуктивные выводы тех или иных предложений из более простых или известных ранее, произошло почти одновременно в двух научных и философских школах: ионийской, географически группирующейся на побережье полуострова Малая Азия и на прилегающих островах Эгейского моря, и пифагорейской, центром которой был город Кротон в Южной Италии («Великая Греция», как назывались в древности греческие колонии в Южной Италии и на острове Сицилия). Главным городом Древней Ионии был Милет в Малой Азии, а центральной

фигурой ионийской школы принято считать первого из «семи греческих мудрецов» Фалеса Милетского; признанным и единственным главой пифагорейской школы был знаменитый Пифагор Самосский (Самос — остров в Эгейском море).

Об ионийцах и пифагорейцах мы знаем довольно мало; однако из имеющейся информации все же можно сделать кое-какие выводы. Фалес — математик и астроном, философ и государственный деятель, купец и инженер, первоосновой всего считал воду (достаточно естественная позиция для физически мыслящего жителя прибрежного города, могущество которого базируется на морской торговле!); основной тезис Пифагора гласил: «Все есть число». Нам неизвестны точно предложенные Фалесом (или в школе Фалеса) доказательства первых геометрических теорем; однако сам перечень этих теорем, приводимый более поздними авторами (диаметр делит круг на две равные части; углы при основании равнобедренного треугольника равны; вертикальные углы, образованные двумя пересекающимися прямыми, равны; два треугольника равны, если сторона первого треугольника равна отвечающей ей стороне второго треугольника и оба примыкающие к этой стороне угла первого треугольника равны соответствующим углам второго треугольника) с полной определенностью указывает, что рассуждения Фалеса связаны были с соображениями симметрии, с перегибаниями и наложением фигур (ибо для названных теорем такие доказательства, бесспорно, наиболее естественны). Видимо, именно за это критиковал Фалеса воспитанный на всех тонкостях Евклида и его последователей математик V в. н. э. неоплатоник Прокл Диадокх, неодобрительно отмечавший, что в своих рассуждениях Фалес «иногда более опирался на наглядность» (чем на дедукцию): ведь чисто логическая школа Аристотеля, к которой принадлежал и Евклид, наглядность и соображения симметрии полностью отрицала!

С другой стороны, сама попытка свести всю Вселенную к натуральным числам (чисто левомозговой объект), так же как и глубокий интерес к конкретным типам чисел, к делению их всех на четные и нечетные, к так называемым фигурным числам, вроде «квадратных чисел», отвечающих геометрическим квадратам, к так называемым совершенным и дружественным чис-

лам,— все это обличает в Пифагоре арифметически мыслящего человека, раскрывает перед нами тип мышления, противоположный мышлению Фалеса. И возможно, поразительный факт становления математики одновременно в двух противоположных по своим установкам школах объясняется именно необходимостью с самого начала оттенить равную необходимость для математики двух начал: левомозгового и правомозгового, арифметического и геометрического.

3. Полностью осмыслены были достижения ионийцев и пифагорейцев в крупнейшей научной школе Древней Греции — в афинской школе, возглавляемой и руководимой такими титанами мысли, как Платон Афинский (429—348 до н. э.) и его ученик Аристотель из Стагира (384—322 до н. э.; Стагир — город во Фракии, в Северной Греции). В основанной и руководимой Платоном школе на горе Акад, получившей название «Академия», сложился тот дух научного поиска и дедуктивных выводов, который сыграл затем ведущую роль во всей европейской культуре. Платон пытался строить на дедуктивной основе все области знания: учение о государстве и праве, этику и эстетику; непосредственно математикой он, видимо, никогда не занимался, но знал ее на уровне всех новейших достижений и понимал суть математической науки с редкой ясностью и глубиной.

Платон учился математике у одного из крупнейших ученых-пифагорейцев — Феодора из Кирены (Кирена — город в Северной Африке; Платон, как ранее его учитель Сократ, а позже его младший сотрудник Теетет, специально ездил из Афин в Кирену, чтобы брать у Феодора уроки математики); другом Платона был и крупнейший из ученых пифагорейской школы — Архит Терентский (Терент — город в Южной Италии). (Влиянию, которым пользовался в «Великой Греции» Архит, Платон, возможно, обязан жизнью: после того как попытка Платона, опираясь на поддержку диктатора Дионисия, организовать в Сиракузах на Сицилии «город философов и ученых» кончилась заключением Платона в Сиракузскую тюрьму, только Архиту удалось добиться от Дионисия освобождения Платона.) Близки Платону были и крупнейшие математики афинского периода греческой истории (а может быть, и вообще крупнейшие из древнегреческих математиков) Эвдокс Книдский (Книд — город в Малой Азии) и Теетет Афинский:

Платон учил их философии, а они его — математике (есть предположение, что оба эти выдающиеся ученые преподавали в Академии Платона).

Хорошо известна надпись, украшавшая вход в платоновскую Академию: «Пусть путь сюда будет закрыт для тех, кто не знает геометрии» (напомним, что в те времена геометрия отождествлялась со всей математикой). Дошла до нас и программа курса μάθημα (математики), составленная Платоном для будущих государственных деятелей. Отношение Платона к математике в значительной степени определялось неоднократно им подчеркиваемым особым статусом этой науки как чисто логической дисциплины, функционирующей по своим внутренним законам, формулируемым человеком и с внешним миром никак не связанной; именно поэтому математику Платон считал единственной истинной школой дедукции, и знакомство с ней полагал необходимым для всех философов, законодателей, политиков. Характерна настойчивость, с какой повторял Платон, что чертежи в геометрии могут играть лишь вспомогательную роль как средство для стимулирования деятельности ума, но доказательной силы иметь никак не могут: ведь у нарисованного геометром квадрата, настаивал он, диагональ, сколь точно мы ее ни измерим, всегда окажется соизмеримой со стороной. Известное пифагорейское доказательство несоизмеримости диагонали «идеального» квадрата со стороной (доказательство «от противного», которое ныне проходит в средней школе) Платон часто рассматривал как эталонный образцу «истинного» доказательства.

Хорошо известна фраза Аристотеля: «Платон мне друг, но еще больший друг истина», фиксирующая факт глубоких расхождений ученика и учителя; эти расхождения привели к тому, что Платон распорядился, чтобы после него Академию возглавил не Аристотель — безусловно самый выдающийся из учеников Платона, — а племянник Платона Спевсипп, являющийся куда более ординарным ученым; Аристотель же сразу после смерти Платона бежал из Афин, опасаясь Спевсиппа и других учеников Платона. При этом сам характер расхождений Аристотеля и Платона остается не совсем ясным, ибо аристотелева критика его учителя плохо согласуется с известными нам сочинениями Платона. Однако полная противоположность интеллектуального

склада Платона и Аристотеля бросается в глаза каждому, кто начнет читать их сочинения; возможно, что, подобно тем случаям, о которых мы еще будем говорить ниже, именно это несоответствие и вызвало известное «интеллектуальное отталкивание» двух выдающихся умов (хотя Платон всегда очень высоко ценил Аристотеля как ученого).

Мышление Платона было в высшей степени картинно; яркая образность составляет, быть может, самую сильную сторону его знаменитых диалогов. В противоположность этому Аристотель пишет гораздо суше и даже скучнее: его заботят не красоты изложения, а исключительно доказательность всех его построений. Сегодня мы, безусловно, отнесли бы Платона к людям правостороннего мышления, а основоположника современной (математической или формальной) логики Аристотеля — к людям левомозговой ориентации.

Последующие века расцвета греческой математики для нашей темы дают мало нового; поэтому мы и не станем на них особенно останавливаться. Укажем только, что распространенное представление о том, что интересовала древних греков почти исключительно геометрия (но не арифметика и не алгебра), не кажется нам справедливым. Это представление связано больше всего с исключительной сосредоточенностью на творчестве трех корифеев александрийской эпохи: Евклида Александрийского (365—ок. 300 до н. э.), Архимеда Сиракузского (287—212 до н. э.) и Аполлония Пергского (ок. 260—170 до н. э.; Перга — город в Малой Азии). Но, во-первых, даже и трех названных ученых никак нельзя считать исключительно геометрами: возможно, наиболее оригинальными в «Началах» Евклида являются именно арифметические книги этого сочинения, включающие такие достижения, как знаменитое доказательство неограниченности ряда простых чисел или алгоритм Евклида для нахождения общего наибольшего делителя двух натуральных чисел; с другой стороны, у Архимеда можно указать столь алгоритмические исследования, как посвященное натуральному ряду чисел «Исчисление песчинок» («Псаммит»), «Измерение круга» или его знаменитая «Задача о быках», приводящая (в наших обозначениях) к неопределенному уравнению $t^2 - 4\,729\,494\,u^2 = 1$, решаемому в колоссальных (целых) числах. С другой стороны, не прекращалась в Греции и

идущая от Пифагора традиция вдумчивого анализа свойств натуральных чисел, яркими представителями которой были, например, известные неопифагорейцы Никомех из Геразы, живший на рубеже I и II вв. н. э. (Гераза — город в Палестине), или автор одного из известнейших жизнеописаний Пифагора сириец-христианин Ямвлих (умер около 330 г. н. э.). Наконец, александрийский период греческой математики выдвинул также несколько загадочную фигуру великого Диофанта (скорее всего, III в. н. э.) с его «чисто арифметической» головой: резкое отличие «Арифметики» Диофанта от сочинений Евклида, Архимеда и Аполлония породило даже сомнительную гипотезу о том, что по национальности Диофант был не греком, а вавилонянином (как будто различие между людьми с доминированием левого или правого полушария имеет не индивидуальный, а национальный характер!).

4. Опустив теперь целый ряд сравнительно бедных в отношении истории математики веков (и полностью игнорируя тем самым и такое серьезное явление в области мировой культуры, как вся арабская, точнее, арабскоязычная математика), мы обратимся сразу к XVII в. — к тому веку, когда Европа впервые дала целую плеяду математических гениев, по масштабу вполне сопоставимых с самыми выдающимися из ученых античности: предтечей новой эпохи Галилео Галилея (1564—1642) и Иоганна Кеплера (1571—1640), создателей аналитической геометрии Рене Декарта (1596—1650) и Пьера Ферма (1601—1665), основоположников математического анализа (дифференциального и интегрального исчисления) Исаака Ньютона (1643—1727) и Готфрида Вильгельма Лейбница (1646—1716), первооткрывателей теории вероятностей Христиана Гюйгенса (1629—1695) и Блеза Паскаля (1623—1662). Уже само это перечисление вождей великой «математической революции XVII в.» вскрывает своеобразный ряд «бинарных противопоставлений», естественно возникающих в уме каждого, пожелавшего проанализировать историю европейской математики в XVII в., — и эти противопоставления бесспорно заслуживают нашего внимания.

Наш список начинается с глубоких мыслителей и разносторонних ученых (математиков, физиков, астрономов), выдающихся педагогов и блистательных пропагандистов науки Г. Галилея и И. Кеплера. Глубокое

сходство между ними сразу бросается в глаза — так, например, оба обладали незаурядным литературным талантом, причем в тот период абсолютного доминирования в научной литературе латыни начали писать и на родном языке — по-итальянски, соответственно по-немецки (чем немало способствовали демократизации науки); оба прославились, пожалуй, более всего астрономическими и физическими достижениями, но внесли также и весьма существенный вклад в историю математического анализа. Безусловно, известное высказывание Ньютона: «Если я и достиг чего-то в науке, то только потому, что стоял на плечах гигантов» — должно быть в первую очередь отнесено именно к этим двум выдающимся ученым, хотя не всегда объективный Ньютон, который часто и охотно ссылался на Галилея, кажется, вообще ни разу не упомянул в своих научных сочинениях имя Кеплера. Но наряду со сходством между Галилеем и Кеплером каждому, кто станет читать их сочинения, немедленно бросится в глаза и резкое различие между ними.

Прямой наследник и непосредственный продолжатель достижений итальянского Возрождения Галилей думал и писал с редкой ясностью и отчетливостью: глубокая продуманность каждого его высказывания и прозрачность стиля составляют чуть ли не самую привлекательную сторону его литературного и научного творчества. Напротив, «гениальный графоман» Кеплер (большинство рукописных материалов которого ныне хранится в архиве Академии наук СССР в Ленинграде) буквально захлебывается от эмоций и туманных предвидений: прелесть его сочинений зачастую связана с некоторой их загадочностью. К строгости и полноте доказательств Кеплер не стремился, ибо он больше верил не в формальную логику, а в озарение, в интуицию, которая единственно позволяет раскрыть «божественную гармонию» мира: так, строгость рассуждений Архимеда Кеплер называл «божественной», но говорил, что человек не может и не должен к ней стремиться.

Каким же уроком может служить для нас факт постоянного появления на авансцене истории науки четко мыслящих рационалистов и столь непохожих на них лиц, пытавшихся расшифровать всюду видевшиеся им смутные символы и надеявшихся более на озарение, чем на строгую логику? Мне кажется, что в первую

очередь здесь можно видеть напоминание о некоторой ограниченности логики, о двух путях познания: дискурсивно-логическом и интуитивном. (Специально этому вопросу посвящена интересная книга: Фейнберг Е. Л. Кибернетика, логика, искусство. М.: Радио и связь, 1981.) Внутреннее отталкивание между Ньютоном и Лейбницем, следствием которого, к сожалению, явился достаточно неприятный приоритетный спор между двумя выдающимися умами в значительной (может быть, в основной) степени было связано с категорическим отказом Ньютона принять научную идеологию Лейбница, базирующуюся на твердой вере во всемогущество строго логического мышления.

Ньютон, например, был уверен в неустойчивости Солнечной системы (доказать которую он, разумеется, не мог, ибо для этого пришлось бы решить немыслимо сложную задачу о движении в гравитационном поле весьма большого числа масс): эта неустойчивость делала необходимым непрестанное вмешательство бога в процесс движения Солнца и планет. (Заметим, что в XIX в. атеист и крайний рационалист Пьер Симон Лаплас (1749—1827) столь же безосновательно утверждал, что он, напротив, умеет доказать устойчивость Солнечной системы.) В противоположность этому Лейбниц ограничивал участие бога в жизни людей первичным актом творения Вселенной; помимо этого, бог для Лейбница являлся лишь гарантом истинности нашей логики, аксиомы которой ведь (как и любые аксиомы!) никак не доказываются: поскольку законы логики вложил в наши головы бог, говорил Лейбниц, они должны быть верны. Заметим еще, что Лейбниц не видел принципиальной разницы между живой и неживой природой (и здесь он, как мы понимаем сегодня, ошибался): он склонен был считать, что задача предсказания дальнейшей судьбы живого организма принципиально не отличается от, скажем, задачи расчета траектории камня, брошенного в определенном направлении с заданной скоростью. В XIX в. те же мысли в гораздо более отчетливом виде повторял упоминавшийся выше П. С. Лаплас.

Лейбницу принадлежат далеко обогнавшие свое время великие идеи об «исчислениях», которые алгоритмизировали бы стоящие перед людьми задачи: о «геометрическом исчислении» (прообраз возникшего через 200 лет векторного исчисления!), позволяющем произво-

дить алгебраические операции над геометрическими объектами, скажем, над точками, и о «логическом исчислении», которое позволило бы рассуждения заменить вычислениями,— Лейбниц мечтал о времени, когда один из спорящих может сказать другому: «Ну что ж, проверим кто из нас прав — вычислим, милостивый государь». При этом, если в области «геометрического исчисления» идеи Лейбница и не были обличены им в сколько-нибудь четкую форму, то опубликованные лишь в XX в. лейбницевы наброски «логического исчисления» поразили математиков глубокой продуманностью и близостью к возникшим в трудах Джорджа Буля (1815—1864) и других логиков второй половины XIX в. «исчислениям высказываний», приведшим к полной формализации аристотелевой логики, которая только и позволила уже во второй половине XX в. перепоручить счетным машинам (компьютерам) логические процедуры, в том числе и доказательство математических теорем. Однако — и здесь мы можем увидеть еще одно напоминание о принципиальной ограниченности чисто логического подхода — Лейбниц не опубликовал свои исследования по логике, ибо его самого они не удовлетворили, так как он прекрасно понимал, насколько далеко отстоят эти фрагменты формализованной логики от поставленной им немислимо трудной (и немислимо важной!) задачи замены любого рассуждения вычислением, выполняемым по строго указанным правилам.

Еще в большей степени подчеркивает принципиальную ограниченность чисто логического подхода установленная в XX в. принципиальная неоднозначность логики, существование ряда неклассических, т. е. отличных от аристотелевой, логик, ничем классической логике не уступающих и с равным основанием претендующих на то, чтобы служить адекватным отображением процесса мыслительной деятельности человека. Представление Лейбница об единственной, «богоданной» логике родственно убеждению Ньютона в существовании «абсолютных» пространства и времени или идее Канта об единственности априорно заданной нам геометрии; эти представления были опровергнуты созданием новых логических систем (Л. Э. Я. Броуэр, Г. К. Г. Вейль и др.), соответственно открытием теории относительности (А. Эйнштейн) и неевклидовой геометрии (Н. И. Лобачевский, Я. Бойяи, К. Ф. Гаусс), причем сегодня мы достаточно

отчетливо понимаем, что обсуждение того, какая из логических систем (из аксиоматик логики) является «истинной», столь же бессодержательно, как и, скажем, вопрос о том, какая из известных к настоящему времени геометрий (Евклида, Лобачевского, Римана или какая-либо еще) является «правильной».

После всего сказанного становится достаточно очевидным и еще одно глубокое различие между Лейбницем и Ньютоном. Логик и горячий поклонник алгоритмических процедур, Лейбниц бесспорно принадлежал к лицам, так сказать, «левополушарной» ориентации. Об этом, в частности, свидетельствует и увлечение Лейбница теоретическими вопросами лингвистики, где он стоит у истоков сравнительно-исторического языкознания (напомним, что речью целиком заведует левое, «языковое» полушарие головного мозга!). Характерно также участие Лейбница в одной из первых попыток создания математической (точнее, арифметической) машины, автоматизирующей вычислительные операции, — вариант такой машины, первоначально созданный Б. Паскалем, был затем заметно усовершенствован Лейбницем. Во время поездки Лейбница в Англию с демонстрацией математической машины состоялась как будто единственная встреча Лейбница с Ньютоном, которая, видимо, сразу же настроила Ньютона против Лейбница, ибо сама идея о механизации интеллектуальной деятельности должна была быть Ньютоном безусловно глубоко чуждой.

Также и нематематические идеи Лейбница, из числа которых следует отметить определенное предвосхищение идеи биологической (или геологической) эволюции, а также первый подход к закону сохранения энергии (Лейбницу принадлежит понятие кинетической энергии материальной точки, причем данное им этому понятию название «живая сила» широко использовалось в учебниках по физике еще в первой половине нашего века), несут, на мой взгляд, на себе ту же печать специального внимания к «линейно развивающимся процессам», подобным процессу счета или устной и письменной речи, и которые, видимо, все относятся к области, контролируемой левым полушарием мозга.

Характерно и отличие в подходах Лейбница и Ньютона к основному их созданию — дифференциальному и интегральному исчислению (математическому анализу). Весьма физически мыслящий Ньютон и процессы диффе-

ренцирования и интегрирования функций воспринимал чисто физически: как процесс нахождения скорости по известному закону движения тела, по зависимости $x = x(t)$, где t — время, а x — координата тела («материальной точки»), и обратный процесс восстановления пути по известной (переменной) скорости. Эта содержательная сторона операций дифференцирования и интегрирования занимала его больше всего, в то время как вопрос о передающих эти операции наименованиях и символах вообще не казался хоть сколько-нибудь существенным (в силу чего более логичные, чем у Лейбница, ньютоновские наименования операций и обозначения, в использовании которых, впрочем, сам Ньютон не был особенно последователен, в настоящее время известны лишь историкам математики). Напротив, Лейбница в первую очередь вел язык, созданное им исчисление дифференциалов, доставляющее надежный алгоритм решения большого массива разнородных задач; в правильности результатов, полученных путем автоматического применения разработанных им правил, он видел гарантию правильности самих правил: автоматизм действий так увлек Лейбница, что он не был склонен задумываться над безусловно ясными ему пробелами в обосновании нового исчисления (строгое обоснование лейбницевского «исчисления дифференциалов» было предложено лишь в 1960 г. (!) известным логиком Абрахамом Робинсоном (1918—1974)). Типично в этом отношении само название основной публикации Лейбница, излагающей основы математического анализа: «Новый метод для максимумов и минимумов, а также для касательных, для которого не являются препятствием дробные и иррациональные величины, а также особый для этого род исчисления» (1684) — здесь слово «исчисление» подчеркивает столь важную для Лейбница алгоритмическую сторону открытых им процессов. Характерно также, что, по признанию самого Лейбница, к новому исчислению он пришел в результате поисков универсального языка, в частности, языка, выражающего изменение и движение. Можно еще отметить, что персональный вклад Лейбница в созданный им в процессе соревнования с Ньютоном математический анализ в значительной степени имеет характер обосновывающих разработанные им алгоритмы формул (вроде известной формулы Лейбница для n -й производной произведения двух функций).

Если Лейбниц, бесспорно, может быть охарактеризован как логик (или алгебраист), то Ньютона с не меньшей степенью определенности можно отнести к категории физиков (геометров), т. е. людей, которым в высшей степени свойственно картинное восприятие мира, стимулируемое деятельностью правого полушария головного мозга. Типичен в этом отношении предложенный им образ, когда Ньютон сравнил себя с ребенком, бродящим по берегу необозримого океана истины, которому удалось найти те или иные красивые раковины, вынесенные на берег океаном (т. е. расшифровать отдельные законы природы), в то время как весь океан колышется перед его глазами и цепко держит все множество своих тайн — более правомозговое описание деятельности естествоиспытателя, право же, не легко дать. Характерно также, что теологические изыскания Ньютона (безусловно заслуживающие внимания, ибо им был отдан целый ряд лет жизни великого ученого) заключались в попытке дать толкование на так называемое «Откровение Иоанна Богослова» («Апокалипсис»), т. е. на самую картинную из всех частей Ветхого и Нового завета (Библии и корпуса текстов, составляющего книгу, в просторечии именуемую Евангелием).

Обращаясь теперь к вопросу, вынесенному в заголовок настоящей статьи, мы можем сказать, что параллелизм создания «высшей математики» (т. е. математического анализа) Ньютоном и Лейбницем находит оправдание в противоположности психологических типов творцов дифференциального и интегрального исчисления (правомозговой и левомозговой тип), с неизбежностью обусловившей разные (но притом одинаково важные!) их подходы к своему созданию (математический анализ как физика, как адекватная запись реально протекающих в природе физических процессов, и математический анализ как исчисление, как алгоритм, позволяющий единообразным образом решать разнообразные задачи!). То же самое можно сказать и по поводу почти одновременного (и притом безусловно независимого) создания аналитической геометрии Декартом и Ферма. Великий предшественник современной теории чисел (надо ли еще раз повторять здесь, что (натуральные) числа — это чисто левомозговой объект?), Пьер Ферма мыслил в первую очередь формулами. Этому отвечает и его подход к методу координат, позволяющему, например (об-

стоятельство, которое Ферма очень высоко ценил), так сказать, линейно упорядочить множество всех (алгебраических) кривых, рассматривая сначала линии 1-го порядка (линии, записываемые в координатах уравнениями 1-го порядка или линейными уравнениями); затем линии 2-го порядка (квадрики), записываемые уравнениями 2-го порядка, и т. д. Напротив, Декарту, в значительной степени было свойственно картинное мышление, подтверждением чему может служить образ пронизывающих Вселенную «вихрей», символизирующих те процессы, к изучению которых — в противоположность застывшим состояниям античных математиков и философов — Декарт призывал ученых. В соответствии с этим и координатную плоскость Декарт мыслил в значительной степени не алгебраически, а геометрически, в связи с чем метод координат использовался им для решения типичных геометрических задач, в первую очередь задач на «геометрические места» точек.

Здесь следует, впрочем, сделать одно замечание, несколько противоречащее нашей трактовке Декарта и Ферма, что, впрочем, никак не может служить основанием для того, чтобы просто игнорировать его; это замечание еще раз подчеркивает условность деления всех ученых на алгебраистов и геометров. С нашей сегодняшней точки зрения Ферма в области аналитической геометрии безусловно превзошел Декарта: идущая от него трактовка предмета (включавшая и доказательство того, что все линии 1-го порядка суть прямые, а (нераспадающиеся в пары прямых) квадрики — это эллипсы, параболы и гиперболы) гораздо ближе к современным вузовским учебникам, чем трактовка Декарта; если Декарт постулировал взаимную перпендикулярность осей координат на плоскости и одинаковость условных единиц длины на обоих осях, то Ферма смело отказался от этих требований; наконец, значения координат у Декарта были обязательно положительными, в то время как у Ферма координаты уже могли быть и положительными и отрицательными. И если мы сегодня говорим лишь о декартовых координатах, но никогда — о «ферматовых», это потому, что метод координат Европа получила целиком из рук Декарта, в то время как математически более совершенное сочинение Ферма было в свое время мало замечено. Связано же последнее парадоксальное обстоятельство не только (и даже не столько) с гораздо

большей известностью Декарта — глубокого философа и профессионального ученого — по сравнению со скромным юристом Ферма, но и с тем, что разработанный Декартом математический язык, его система обозначений и записей формул, практически совпадающие с теми, которыми пользуемся мы сегодня, была гораздо совершенней архаической терминологии и символики Ферма, восходящей еще к Франсуа Виету (1540—1603). Укажем, наконец, что если Декарта смело можно считать физиком или геометром по сравнению с создателем теории чисел Ферма, то, напротив, рядом с одним из основоположников современной экспериментальной физики и предтечей проективной геометрии Блезом Паскалем он безусловно представляется логиком и алгебраистом — и в этой несовместимости психологических складов двух великих предшественников французского Просвещения некоторые историки науки видят истоки прискорбной недооценки Декартом трудов Б. Паскаля, вызвавшей резкую недоброжелательность по отношению к Декарту преклонявшегося перед достижениями юноши Паскаля кружка ученых, группировавшихся вокруг отца Блеза Этьена Паскаля (1588—1651) и Роберваля (1602—1679).

5. Высказанные соображения о двух противоположных типах математического мышления легко подкрепить и примерами, относящимися к более близким к нам эпохам. Я уже упоминал выше про почти одновременное и независимое открытие так называемой гиперболической геометрии (неевклидовой геометрии Лобачевского) нашим соотечественником Николаем Ивановичем Лобачевским (1792—1856) и венгром Яношем Бойяи (1802—1860). При этом Лобачевский в своей трактовке новой геометрии безусловно рассуждал как истинный геометр; характерна также попытка проверить истинность или ложность неевклидовой геометрии астрономическими наблюдениями (вычислением суммы углов треугольника, вершинами которого служат земной наблюдатель и две звезды во Вселенной), которая никак не могла прийти в голову Бойяи. Дело в том, что не получивший систематического математического образования, но необыкновенно глубоко мыслящий венгерский офицер Бойяи подходил к интересующей его проблеме как чистый логик: вопрос о той или иной геометрической системе в его трактовке относится исключительно к области оснований математики (к области учения о допустимых систе-

мах аксиом), но никак не к физике или астрономии. Логический подход Бойяи к неевклидовой геометрии обусловил то большое беспокойство, которое вызвало у него отсутствие доказательства непротиворечивости рассматриваемой им системы аксиом; гораздо более физически мыслящего Лобачевского (как и К. Ф. Гаусса) это обстоятельство почти не задевало. Характерно, что само сочинение Бойяи написано в строго логической манере (с выделением так называемой «абсолютной геометрии», независимой от аксиомы параллельных, возможно, первой неполной аксиоматической системы в истории математики, допускающей две принципиально разные реализации — геометрии Евклида и Лобачевского) и с использованием специально для этой цели разработанной Бойяи системы обозначений — своеобразного математического языка, в чем-то близкого к символическому языку современной математической логики.

Не менее убедительно выглядит и сравнение создателей векторного исчисления Уильяма Роана Гамильтона (1805—1865) и Германа Грасмана (1809—1877) или создателей теории функций комплексного переменного Георга Фридриха Бернгарда Римана (1826—1866) и Карла Вильгельма Теодора Вейерштрасса (1815—1897). Сыгравший громадную роль в развитии физики и механики в XIX в. ирландец Гамильтон, являющийся здесь бесспорным классиком (его идеи сыграли громадную роль во всем развитии физики в XX в.), мыслил в высшей степени «физично»; присущее ему картинное восприятие мира во многом родственно научной идеологии Ньютона (не случайно Гамильтон всю жизнь — с 22 лет — состоял профессором астрономии Дублинского университета и директором Дублинской астрономической обсерватории). Напротив, филолог и прирожденный алгебраист (или логик), немец Грасман является одним из самых чистых представителей левомозгового типа мышления. Грасман не получил никакого математического образования — он изучал теологию, собираясь стать пастором, философию и рано заинтересовавшие его древние языки. Впоследствии интересы Грасмана в значительной степени переключились на математику, хотя, зарабатывая себе на жизнь в качестве преподавателя математики штеттинской гимназии, он никогда не был связан ни с каким высшим учебным заведением и не имел по математике никаких ученых степеней: почетную (*honoris causa*)

ученую степень представитель мыслителей левомозговой ориентации Грасман в последние годы жизни получил по языкознанию, где его труды в области изучения санскритских текстов по сей день считаются классическими.

К векторному исчислению Гамильтон (которому, в частности, принадлежит и сам термин «вектор») пришел от геометрических, а отчасти даже и от физических представлений. Напротив, логик и алгебраист Грасман подошел к задаче создания «геометрического исчисления», реализующего идеи Лейбница, перед которым Грасман преклонялся, гораздо более формально — и созданная им алгебра Грасмана (или «внешняя алгебра», как ее еще называют, используя терминологию самого Грасмана) представляет собой далеко продвинутый алгоритм, широко используемый сегодня во многих разделах математики и физики. Другим весьма характерным для математика левомозговой ориентации произведением Грасмана является его «Учебник арифметики (1861) — наиболее глубокое исследование свойств натурального ряда чисел, предвосхитившее все последующие (и, по существу, из конструкций Грасмана вытекающие) аксиоматики натурального числа, почти одновременно и как будто независимо предложенные в 1888 г. немцем Рихардом Юлиусом Вильгельмом Дедекиндом (1831—1916) и в 1889—1891 гг. итальянцем Джузеппе Пеано (1858—1932).

Характерно, кстати, что один из глубочайших логиков конца XIX — начала XX в. (и горячий поклонник Грасмана), Пеано являлся создателем специализированного логико-математического языка, на котором он писал многие из своих работ и на котором издавал специальный журнал, посвященный основаниям математики (что, кстати сказать, делает большинство работ Пеано почти недоступными для современного читателя). Здесь хочется еще отметить, что в противоположность сказанному выше о Ньюtone и Лейбнице одним из немногих ученых, с пониманием и даже с энтузиазмом приветствовавших работы Грасмана, был столь далекий от Грасмана по стилю мышления и даже по человеческому своему облику Гамильтон (еще важнее для Грасмана была поддержка упомянутого выше Рихарда Дедекинда).

Не менее убедительно и сравнение двух творцов теории функций комплексного переменного — Бернгарда Римана и Карла Вейерштрасса. Один из самых глубоких

мыслителей, которых когда-либо знала математика, Риман был сыном сельского священника, прибывшим в знаменитый своим университетом Гёттинген для того, чтобы получить богословское образование, что впоследствии позволило бы ему перенять профессию отца.

Однако здесь он наряду с теологией и философией стал посещать также лекции по математике и физике — и они настолько увлекли его, что Риман полностью отказался от первоначальных планов и отдался научной работе, которая, так же как и элементарное преподавание, к которому он был допущен, увы, лишь в более чем скромной степени обеспечивала его материально.

Первоначально Риман получил в Гёттингенском университете лишь весьма скромное положение ассистента по кафедре общей физики, которую возглавлял долголетний покровитель Римана физик Вильгельм Вебер (1804—1891); однако связанная с этой должностью необходимость следить за экспериментальными работами студентов-физиков младших курсов несколько не обременяла Римана, любившего и ценившего физические опыты. Обеспеченное положение Гёттингенский университет смог предоставить Риману лишь в конце его жизни, незадолго до развития стимулированного долгими годами бедности туберкулеза, которому суждено было свести Римана в могилу.

Риман безусловно — один из самых глубоких (и неординарных) мыслителей за всю историю математической науки; за примерно 10-летний период активных раздумий над математикой и физикой он опубликовал не так уж много работ, но почти каждая из них (включая и те, которые были оценены много позднее) знаменовала переворот в науке. При этом поразительна интуиция Римана и глубокая физичность его мышления: он сам писал, что все его математические исследования выросли из стремления «использовать экспериментальные данные о взаимодействии между теплотой, светом, электричеством и магнетизмом для установления взаимной связи этих явлений», для чего ему казалось необходимым создать и новую математическую теорию, тесно связанную со свойствами пространства. В процессе обдумывания этой темы Риман дошел до поразительного по глубине предсказания идей общей теории относительности, содержащегося в упоминаемой ниже лекции «О гипотезах,

лежащих в основании геометрии». Врожденным свойством интеллекта Римана являлась способность мыслить самыми сложными геометрическими образами (вроде многомерных римановых пространств в «чистой» геометрии или многолистных и весьма сложно устроенных римановых поверхностей в теории функций комплексного переменного), «видеть» их и полностью — без сложных формул и логических обоснований — чувствовать все их свойства и особенности. Что же касается строгих математических доказательств, то они были Риману чужды (за что его жестко критиковал преклонявшийся перед его талантом и нечеловеческой проницательностью Вейерштрасс): многомерная риманова геометрия была изложена им в чисто словесной форме, почти без формул, в лекции «О гипотезах, лежащих в основании математики», прочитанной в 1854 г. перед ученым советом Гёттинггенского университета и обосновывающей его право числиться приват-доцентом университета (звание, не предусматривающее никакого материального вознаграждения); быть может, самое неожиданное из высказанных им утверждений (так называемая гипотеза Римана о нулях дзета-функции) вообще не было никак им обосновано — и доказать его не могут математики и по сей день, хотя никто из них в самом утверждении не сомневается. В области теории функций комплексного переменного Риман явился основоположником геометрической теории функций, трактующей зависимость $w = f(z)$ (где $w = u + iv$, $z = x + iy$ — комплексные числа) геометрически — как отображаемые множества значений z (« z -плоскости») на множество значений w (на « w -плоскость»). Одновременно Риман явился основоположником еще одной геометрической дисциплины — топологии, глубокие (и на первый взгляд совершенно неожиданные) связи которой с теорией функций были вскрыты в его работах.

Диаметрально противоположен Риману был создатель арифметической (или скорее алгебраической) теории функций Карл Вейерштрасс. С именем Вейерштрасса обычно связывают то стремление к сведению относимых обычно к математическому анализу понятий, конструкций и теорем (начиная с понятия вещественного числа) к простейшим арифметическим понятиям и построениям, которое часто называют «арифметизацией математики» и которое считается заслугой возглавлявшей-

ся Вейерштрассом берлинской математической школы (К. В. Т. Вейерштрасс, Леопольд Кронекер (1823—1891), Эрнст Эдуард Куммер (1810—1893), Георг Фробениус (1849—1917) и др.). Гимназический учитель (как и Грасман), Вейерштрасс, однако, в 1856 г. (в возрасте 41 года) перешел из гимназии в университет, чему способствовали выполненные им в годы работы учителем исследования; после этого он еще 30 лет преподавал в Берлинском университете, пользуясь славой наиболее популярного (и наиболее посещаемого) профессора отделения математики: влияние Вейерштрасса в значительной степени покоилось на созданной им математической школе. Арифметик и логик Вейерштрасс с такой же степенью законченности представлял математиков левомозговой ориентации, как геометр и физик Риман представлял правомозговой тип мышления. Не удивительно при этом, что взаимного понимания между этими двумя учеными не было: Вейерштрассу, глубоко уважавшему Римана (Вейерштрасс, в частности, был инициатором избрания (в начале 1866 г.) Римана в Прусскую (Берлинскую) Академию наук, основанную еще Лейбницем,— это был первый знак признания научных заслуг Римана, который скрасил ему последние месяцы жизни), но плохо понимавшему его, претила «логическая беспечность» великого гёттингенца — и он достаточно свирепо Римана критиковал; Риман же не склонен был вслушиваться в критику Вейерштрасса, будучи твердо уверенным в истинности всех своих результатов (в чем, кстати сказать, не сомневался также и Вейерштрасс). Характерен рассказ известного русским читателям по переводу ряда книг и статей математика и физика Арнольда Зоммерфельда (1868—1951), ученика Ф. Клейна, с именем которого мы еще встретимся ниже. Зоммерфельд (с чужих слов) рассказывает, как в начале 60-х годов прошлого века К. Вейерштрасс и выдающийся немецкий физик, математик, биолог и врач Герман Гельмгольц (1821—1894) летом отдыхали где-то в сельской местности недалеко от Берлина. При этом Вейерштрасс взял с собой на лето докторскую диссертацию Римана по теории функций комплексного переменного, чтобы на досуге ее проработать и попытаться разобрать, в то время как в высшей степени обладавший физическим мышлением Гельмгольц вообще не мог понять, что, собственно, здесь надо

еще разбирать (см.: Зоммерфельд А. Пути познания в физике. М., Наука, 1973, с. 156).

В письме к одному из своих преданных учеников Герману Амандусу Шварцу (1848—1921) Вейерштрасс писал: «Чем больше размышляю я над принципами теории функций (а размышляю я над ними непрестанно), тем тверже становится мое убеждение в том, что возводить эти принципы необходимо на незыблемой основе алгебраических истин» — и дальше он говорит, что отказ от алгебраизации теории функций недопустим потому, что он неизбежно заставляет нас перейти в смутную область «геометрического видения», так смущавшую Вейерштрасса в трудах Римана. Однако мы сегодня никак не можем принять точку зрения Вейерштрасса как окончательную и не допускающую отклонений. Разумеется, в математике одинаково необходимы и геометрический и алгебраический подходы, представителями которых были Ньютон и Лейбниц или Риман и Вейерштрасс, и у нас нет никаких оснований предпочитать какой-то один из этих подходов другому.

Цитату из письма Вейерштрасса Шварцу я заимствовал из глубокой лекции «Топология и абстрактная алгебра как два пути математического мышления», прочитанной в 1931 г. учителям математики швейцарских гимназий знаменитым Германом Вейлем, с именем которого мы в этой статье уже встречались. По существу, вся лекция Вейля посвящена тому же кругу вопросов, что и настоящая статья. Вейль подчеркивает существование двух в каком-то отношении противоположных подходов к отысканию математических истин; не касаясь, разумеется (известной в то время лишь узкому кругу профессионалов-психиатров!), несимметрии мозга, он связывает один подход с геометрическими соображениями, наиболее полной выразительницей которых представлялась ему топология, а второй — с абстрактной алгеброй. При этом, говоря о собственном научном творчестве, Вейль отмечает, что ему приходилось базироваться на соображениях и того и другого рода, указывая, что наибольшие трудности у него вызывало согласование идей, идущих от топологии, с абстрактно-алгебраическими рассуждениями: добытые с помощью этих двух принципиально разных подходов результаты плохо стыковывались друг с другом. В 1931 г. топология безусловно относилась к разряду геометрических дисциплин и цели-

ком базировалась на пространственном воображении и геометрической интуиции. Однако после второй мировой войны усилиями в первую очередь французских ученых топология полностью переменяла свое лицо, обратившись в преимущественно алгебраическую дисциплину; ее аппаратом стали формально-алгебраические конструкции (точные последовательности, коммутативные диаграммы и пр.), в которых геометрии уже места не оставалось. Любопытно отметить, что эта трансформация сразу же «выбила из седла» ряд (видимо, чисто геометрически мыслящих) крупных топологов и в отдельных случаях ознаменовалась даже известными психическими травмами.

В своей лекции Вейль отмечает наличие математиков двух разных типов: как тех, для которых естественными являются абстрактно-алгебраические конструкции и соответствующий образ мыслей, так и геометров, базирующихся на наглядности и топологических соображениях. В качестве ученых первого типа Вейль в первую очередь называет именно Карла Вейерштрасса; примерами геометров служат для него Бернгард Риман и Феликс Клейн. Действительно, знаменитый организатор и глава гёттингенской физико-математической школы XX в. Феликс Христиан Клейн (1849—1925) вполне может рассматриваться как продолжатель и наследник Римана, перед которым он преклонялся: его отличала та же «геометричность» (или «физичность») мышления, в силу которой он мог свободно, скажем, при доказательстве тех или иных свойств римановых поверхностей апеллировать к распределению электрических зарядов на проводнике, имеющем форму (двумерной и притом весьма сложно устроенной) римановой поверхности. Именно эти-то свойства Клейна, кстати сказать, вызвали явственную взаимную неприязнь между ним и Вейерштрассом: так, например, когда прибывший в Берлин для усовершенствования начинающий математик Клейн заявил на семинаре Вейерштрасса, что, по его мнению, сложные формально-алгебраические конструкции английского алгебраиста Артура Кэли (1821—1895), о которых он взялся рассказать, совпадают с неевклидовой геометрией Лобачевского, то это (в тот момент еще слабо мотивированное) заявление Вейерштрасса только рассердило. (Впоследствии, однако, Клейн сумел полностью доказать правоту своего, перво-

начально чисто интуитивного, предсказания, в чем, впрочем, он так и не смог убедить чистого алгебраиста Кэли.) Любопытно еще отметить тесную дружбу, связывавшую Клейна с сыном провинциального норвежского пастора Софусом Мариусом Ли (1824—1899): возможно, что здесь, напротив, работал принцип «притяжения противоположностей», поскольку создатель теории групп Ли и алгебр Ли, играющих такую большую роль в современной науке, имел гораздо более «алгебраическую» голову, чем Клейн.

Сказанное выше легко можно было бы продолжить и на материале наших дней. Резюмируя содержание настоящей статьи, хочется сказать, что встречаемое иногда в современной литературе утверждение о тесной связи математики именно с левым полушарием человеческого мозга кажется мне глубоко неправильным. Вся интеллектуальная деятельность людей тесно связана с обоими полушариями головного мозга, в чем заключается ее своеобразие и сила; с этой точки зрения и многократно обыгрывавшееся выше утверждение о примате левого полушария в языковой деятельности не является полностью безусловным. Сила человеческого мозга в значительной степени заключается в согласованной деятельности двух интеллектуальных центров — «левого» и «правого» мозга, в одновременной способности к анализу и к синтезу. И вся история математики, как и вся история человеческой культуры, может служить подтверждением этого основного тезиса.

ЛИТЕРАТУРА

Несимметричность человеческого мозга

1. Сергеев Б. Ф. Асимметрия мозга. М., Знание, 1981.
2. Иванов В. В. Чет и нечет. М., Сов. радио, 1978.
3. Газанга М. Расщепленный мозг.— В кн.: Восприятие. Механизмы и модели. М., Мир, 1974, с. 47—57.
4. Мосидзе В. М., Акбардия К. К. Функциональная симметрия и асимметрия полушарий мозга. Тбилиси, Мецниереба, 1978.
5. Мосидзе В. М., Рижинашвили Р. С., Самадашвили З. В., Турашвили Р. И. Функциональная асимметрия мозга. Тбилиси, Мецниереба, 1977.
6. Симерницкая Э. Г. Доминантность полушарий. М., Изд-во МГУ, 1978.

Античная философия и математика

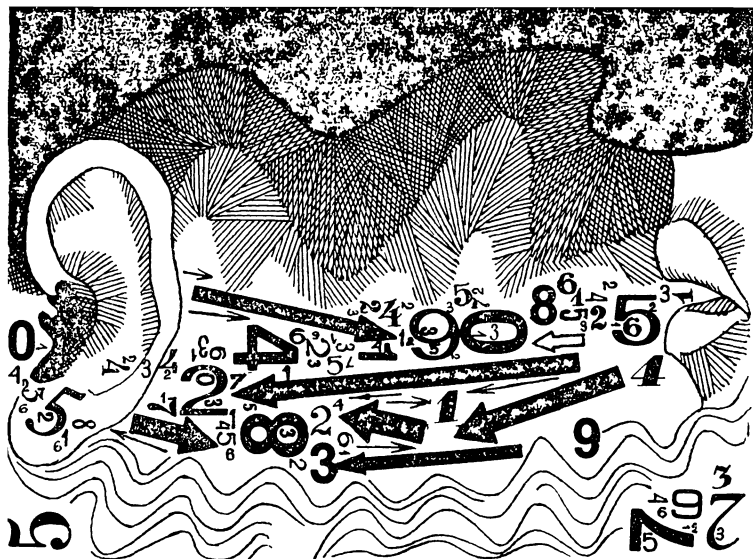
7. Платон. Соч. в 3-х т. М., Мысль, 1968—1972.
8. Аристотель. Соч. в 4-х т. М., Мысль, 1975—1983.
9. Асмус В. Ф. Античная философия. М., Высш. школа, 1976.
10. Лосев А. Ф., Тахо-Годи А. А. Платон. М., Мысль, 1979.

История математики

11. История математики с древнейших времен до начала XIX столетия, т. 1—3. М., Наука, 1970—1972.
12. Математика XIX в., кн. 1—2. М., Наука, 1978, 1981.
13. Стройк Д. Я. Краткий очерк истории математики. М., Наука, 1978.
14. Бурбаки Н. Очерки по истории математики. М., ИЛ, 1963.
15. Ван дер Варден Б. Л. Пробуждающаяся наука. М., Физматгиз, 1959.
16. Клейн Ф. Лекции о развитии математики в XIX столетии. М.—Л., ОНТИ, 1937.

Персоналии

17. Кобзарев И. Ю. Ньютон и его время. М., Знание, 1978.
18. Погребысский И. Б. Готфрид Вильгельм Лейбниц. М., Наука, 1971.
19. Белый Ю. А. Иоганн Кеплер. М., Наука, 1971.
20. Матвиевская Г. П. Рене Декарт. М., Наука, 1976.
21. Кляус Е. М., Погребысский И. Б., Франкфурт У. И. Паскаль. М., Наука, 1971.
22. Тарасов Б. Паскаль. М., Молодая гвардия, 1979.
23. Каган В. Ф. Лобачевский. М.—Л., Изд. АН СССР, 1948.
24. Каган В. Ф., Янош Бойан.— В кн.: Очерки по геометрии. М., Изд-во МГУ, 1963, с. 305—328.
25. Белл Э. Т. Творцы математики. М., Просвещение, 1979.
26. Монастырский М. И. Бернхард Риман. М., Знание, 1979.
27. Яглом И. М. Герман Вейль. М., Знание, 1967.
28. Яглом И. М. Феликс Клейн и Софус Ли. М., Знание, 1977.



Б. М. БОЛОТОВСКИЙ,
доктор физико-математических наук

ОЛИВЕР ХЕВИСАЙД: МЫСЛИ ФИЗИКА И РАСЧЕТЫ МАТЕМАТИКА

Оливер Хевисайд (1850—1925) был одним из крупнейших математиков и физиков конца прошлого века и начала нынешнего. Его жизнь и деятельность во многих отношениях уникальны. Перефразируя известное изречение, можно сказать, что все люди неповторимы, но Оливер Хевисайд неповторим больше, чем другие. О нем еще при жизни рассказывались легенды. Он кончил только неполную среднюю школу, а все остальные знания добыл сам, без преподавателей, ведя жизнь затворника. Судьба его открытий не менее драматична, чем его собственная судьба. Оливер Хевисайд умер около шестидесяти лет тому назад, и с тех пор его слава непрерывно растет. По мере изучения его книг выясняется, что все больше результатов первостепенного научного значения

было им получено. При его жизни эти достижения не были оценены должным образом, а некоторые были вскоре прочно забыты. И даже не столько забыты, сколько не осознаны в свое время, не прочитаны должным образом и оставлены без внимания.

Если не считать нескольких выдающихся ученых того времени, первыми оценили Хевисайда инженеры — электрики и связисты (может быть, именно поэтому многие считали и считают Хевисайда инженером). Они начали широко использовать методы Хевисайда при расчете электрических систем и линий связи.

Пожалуй, самая главная причина всех этих несправедливостей судьбы по отношению к Хевисайду лежит в том, что он намного опередил свое время. В науке, как и в любой другой области человеческой деятельности, есть свой уклад, свой консерватизм. Если какие-то представления устоялись, люди от них легко не отказываются. Представим себе, что в науке сделано открытие, и это открытие влечет за собой коренную перестройку наших представлений об окружающем нас мире и связанное с этим более глубокое понимание. Как побеждают эти новые представления, как они вытесняют старые, устоявшиеся и привычные для большинства? Только очень немногие люди способны сразу же отбросить старые неверные представления и принять новое понимание. Гораздо больше таких, которые отнесутся к новым представлениям враждебно или недоверчиво, потому что старое понимание было привычно и в общем не так уж плохо, а новое — непривычно, и вовсе пока не ясно, что оно будет лучше старого. По форме дискуссия между сторонниками и противниками новых представлений носит научный характер, но по существу нередко бывает так, что позиция противников нового в значительной степени определяется соображениями, не вполне научными. Есть тут и нежелание отказаться от старых представлений, с которыми связана вся предыдущая, часто большая научная жизнь. Есть и неспособность на склоне лет воспринять новую точку зрения, особенно если она радикально отличается от старой. По-видимому, этот консерватизм человеческого сознания имел в виду Макс Планк, один из создателей квантовой теории, когда он говорил, что новая теория утверждается не путем переубеждения приверженцев старой теории, а путем их постепенного вымирания. Этот же самый консерватизм имел в виду и

выдающийся физик нашего времени И. Е. Тамм, когда говорил, что мечтает дожить до появления новой теории и быть в состоянии ее понять.

Хевисайду на его жизненном пути нередко приходилось встречаться с проявлениями такого консерватизма.

Однако неприятие нового в науке может исходить и из других мотивов, ничего общего не имеющих с инерцией человеческого мышления и вообще не имеющих ничего общего с наукой. К числу этих причин относятся, например, самолюбие, мешающее признать свои ошибки; честолюбие; соображения карьеры. Хевисайду на его жизненном пути пришлось испытать горечь от непонимания и прямого противодействия со стороны людей, которые руководствовались именно такими побуждениями.

Трудности, которые пришлось испытать Хевисайду, усугублялись еще особенностями его характера. Он был резкий и бескомпромиссный человек в вопросах науки, не только в вопросах научного знания, но и научной этики. Он беспощадно и язвительно клеймил невежество своих оппонентов, сохраняя при этом логическую безупречность своих доводов. Встречаясь с критикой со стороны людей понимающих, он мог в пылу полемики незаслуженно резко отозваться о том или другом доводе оппонента. Но нет никакого сомнения в том, что при этом Хевисайд руководствовался научными соображениями, как он их понимал, но никак не соображениями личной выгоды. Вот уж за чем он никогда не гнался, так это за личной выгодой. Он прожил всю жизнь на грани нужды, а в конце жизни, последние 8—10 лет, жил в нужде. Он вел все это время жизнь затворника, занимаясь только наукой. Он был вообще склонен к уединению, и если у кого-нибудь возникала необходимость обсудить с ним неясный вопрос, он, как правило, уклонялся от встречи, предпочитая переписку. Кроме ближайших родственников, он за всю свою жизнь встречался только с очень немногими людьми, и то, как правило, всего по несколько раз. Некоторые из людей, бывавших у Хевисайда дома, оставили свои воспоминания, и эти воспоминания очень интересны. Мы о них расскажем. Но все-таки главным рассказчиком о Хевисайде явился сам Хевисайд. Не склонный к личному общению, он охотно отвечал на письма. Писем к нему приходило бесчисленное множество. По большей части это были просьбы

разобраться в том или ином сложном вопросе. Среди специалистов и студентов широко было распространено мнение, что для Хевисайда трудностей нет. Он охотно и подробно отвечал на письма, настолько подробно, что это не могло не мешать его собственной научной работе. Некоторые из сохранившихся писем содержат по 10 000 слов (десять тысяч слов!). Такое письмо, если его напечатать на пишущей машинке, заняло бы страниц 30. Но Хевисайд не пользовался пишущей машинкой. Он писал собственноручно. И такие большие письма — не редкость в его переписке. В наше время обмен письмами практически вышел из обихода, люди обмениваются письмами изредка, приурочивая это к каким-нибудь праздникам. Если нужно передать что-то срочное, можно заказать телефонный разговор с любой точкой земного шара или можно послать телеграмму. Оливер Хевисайд был безотказным и щедрым корреспондентом, но своими научными трудами он сам способствовал угасанию переписки, создавая теорию связи по телеграфным и телефонным линиям.

Имя Хевисайда при его жизни было неизвестно широким кругам общественности и даже широким кругам научной общественности. О нем знали и отдавали ему должное немногие, но наиболее выдающиеся исследователи электромагнетизма: Фитцджеральд, Герц, Кельвин, Рэлей, Дж. Дж. Томсон, Лоренц и еще не очень много других. Для всех остальных Хевисайд был труден и непонятен. Теперь, в наши дни, его книги, по-видимому, легче читать, чем в то время, когда они были изданы. Мне кажется, что стиль научного исследования, созданный Хевисайдом, опередил свое время в той же мере, как и полученные им результаты. «Научная кухня» Хевисайда близка к современной. Этот стиль кратко можно определить как сочетание образного мышления физика и точного расчета математика.

Оливер Хевисайд родился 18 мая 1850 года в семье художника. Он был младшим из четырех сыновей. Семья была не очень состоятельная, поэтому Оливер смог закончить только неполную среднюю школу. На продолжение образования в частной школе и тем более на дальнейшее получение высшего образования денег не было.

В детстве Оливер неплохо рисовал, о чем свидетельствуют рисунки, сделанные им в 11-летнем возрасте. Воз-

можно, что отец собирался обучить его своему искусству, но интересы Оливера вскоре обратились от искусства к науке об электричестве. Оливер четыре года, 1870—1874 годы, проработал телеграфистом в г. Ньюкасл-он-Тайн. В 1874 году Оливер Хевисайд оставил работу телеграфиста и вернулся в Лондон. К тому времени Оливер начал глухнуть, и некоторые считают, что именно это обстоятельство и заставило его уйти с работы. Однако наступившая глухота могла и не быть основной причиной. К тому времени работа телеграфиста привлекала Хевисайда все меньше, а на первый план все более отчетливо выступали его научные интересы. Еще в 1868 году, за два года до того, как он поступил на работу в телеграфную компанию, Оливер занялся экспериментами по электричеству. Он оборудовал в доме отца лабораторию, где были элементы питания, измерительные приборы и другое лабораторное оборудование. Его первые работы были посвящены точному измерению сопротивлений. Первая из них была опубликована в 1872 году. В этих исследованиях Хевисайд выступал и как экспериментатор и как теоретик. В частности, его работа, опубликованная в феврале 1873 года в журнале «Philosophical Magazine», была посвящена наилучшему подбору сопротивлений в схеме типа мостика Уитстона (другое название этой схемы — баланс Кристи). Результаты этой работы Хевисайда были известны Максвеллу. В знаменитой книге Максвелла «Трактат об электричестве и магнетизме», в первом томе, в части второй этого тома есть глава «Измерения электрического сопротивления». Конец § 351 посвящен результатам Хевисайда. Эти результаты, упомянутые Максвеллом, представляют собой, пожалуй, самое малое из того, что сделал Хевисайд в теории электромагнетизма. Главный его вклад был сделан уже после смерти Максвелла, и об этом речь пойдет дальше. Но все же в числе великих продолжателей дела Максвелла Оливер Хевисайд — единственный, кого Максвелл упоминает в своем трактате. Добавим еще в связи с этой работой Хевисайда, что для выполнения ее расчетной части не требовалось знаний по высшей математике, в статье приведены сравнительно простые алгебраические вычисления.

С 1873 по 1876 год Хевисайд опубликовал серию статей, в которых была обоснована практическая возможность дуплексной телеграфии. В то время передача со-

общений по телеграфной линии осуществлялась поочередно то в одном, то в другом направлении. Такая связь называется симплексной. При симплексной связи каждая из двух станций, соединенных линией, может вести либо только прием сигнала, либо только передачу, но не может сразу вести и прием и передачу, то есть не может одновременно принимать сигналы, идущие по линии, и передавать на линию свои сообщения. Хевисайд показал, что можно одновременно вести по одной и той же телеграфной линии передачу одного сообщения и прием другого сообщения. Такая связь называется дуплексной. Оливер Хевисайд не только предложил такую схему линии и такую схему включения передающих и приемных устройств, при которой стала возможной дуплексная связь, он практически осуществил дуплексную телеграфную связь в 1873 году. В проведении этого опыта участвовал его брат Артур Вест Хевисайд — второй телеграфист из семьи Хевисайдов. Послания отправлялись «одновременно с обеих станций настолько быстро, насколько можно было передавать ключом». В кавычки заключена выдержка из записной книжки Хевисайда, куда он заносил результаты опыта.

Теперь, когда по одной линии передаются десятки и сотни телефонных разговоров, дуплексная линия, созданная Хевисайдом, конечно, не поражает воображение. Но надо помнить, что для того времени это было реальное и важное продвижение, вдвое увеличившее объем информации, передаваемой по линии.

В 1873 году вышла из печати двухтомная книга Максвелла «Трактат об электричестве и магнетизме». Эта книга подводила итог огромной работы по созданию теории электрических явлений. В ней были приведены знаменитые уравнения Максвелла, описывающие электромагнитное поле. Эти уравнения теперь являются основой понимания в очень широкой области явлений природы и составляют один из краеугольных камней физического знания. Но первые годы после появления этой книги мало кто понимал то, что там было сказано. Тем более мало кто понимал, что появление «Трактата» означало появление теории. Многие ученые до Максвелла рассматривали отдельные вопросы теории электромагнетизма: электростатику, магнитное поле тока, взаимодействие двух токов и т. д. Связи между всеми этими явлениями были тогда неясны, поэтому решение каждой

отдельной проблемы рассматривали как теорию. Так и говорили: теория Гаусса (статические поля), теория Ампера (магнитное поле токов), теория Био и Савара (взаимодействие двух токов) и т. д. А широкий круг оптических вопросов до Максвелла вообще не относили к области электрических и магнитных явлений.

Теория Максвелла была действительно теорией. Она описывала все упомянутые выше частные случаи — и электростатику, и магнитостатику, и взаимодействие токов, и многое другое — все те явления, о которых было известно, что они относятся к миру электричества и магнетизма. К этому же самому миру электрических и магнитных явлений оказалась причисленной и оптика, то есть часть физики, изучающая законы распространения, преломления и отражения света. Максвелл показал, что свет — это электромагнитные волны малой длины.

Но в те годы, как уже было сказано, мало кто понимал, что с книгой Максвелла наконец появилась и теория электромагнитных явлений. Большинство ученых приняло книгу Максвелла, как еще одну из многих теорию: есть теория Гаусса, Ампера, Араго, Неймана, Вебера, Био и Савара и т. д., а теперь еще появилась и теория Максвелла, и неясно, чем она лучше остальных, а может быть, она и не лучше. Особенно сильные сомнения вызывало утверждение Максвелла об электромагнитной природе световых волн и вообще предсказание о существовании электромагнитных волн. Очень немногие во всем научном мире отнеслись серьезно к теории Максвелла, когда она появилась. Скептическое отношение к ней держалось до 1888 года, когда Генрих Герц в Германии и Оливер Лодж в Англии экспериментально получили электромагнитные волны.

Хевисайд увидел книгу Максвелла вскоре после ее появления. Книга поразила его и определила всю его дальнейшую жизнь. Можно было бы уточнить последние слова, написав, что книга Максвелла определила всю дальнейшую научную жизнь Хевисайда, но в таком уточнении нет нужды, если речь идет о Хевисайде. У него, кроме научной, никакой другой жизни не было. Рассказывают, что однажды кто-то сказал уже пожилому Хевисайду: «Вам надо было жениться, мистер Хевисайд». Он ответил: «Если бы я женился, что бы тогда стало с моей работой?»

Сохранилось письмо Хевисайда к Жозефу Бетено,

французскому ученому-радиофизику. Письмо написано в 1918 году, когда Хевисайд было 68 лет. В письме этом рассказывается, что в молодые годы Хевисайд безуспешно старался разобраться в электрических явлениях. В 1873 году он случайно увидел у книжного торговца только что вышедшую книгу Максвелла. Хевисайд тут же, у прилавка, прочел предисловие, проглядел текст, останавливаясь в некоторых местах для более подробного чтения, а затем прочел заключительную главу. Его охватило чувство великого открытия. Он сразу же купил эту книгу и с необычайным рвением приступил к ее изучению. Однако книга оказалась для него очень трудна. В этом нет ничего удивительного. Книга была трудна и для других. Один из биографов Хевисайда пишет, что Хевисайд купил у торговца не новый, а подержанный экземпляр книги Максвелла. Книга ранее принадлежала лектору по математической физике в колледже. Против заголовка одной из глав лектор написал: «С этого места книгу абсолютно невозможно читать». А ведь это был лектор по математической физике, он свободно разбирался в сложных разделах высшей математики, на которых была построена математическая основа изложения в книге Максвелла. По-видимому, прежний хозяин книги не смог разобраться в физических предпосылках, из которых исходил Максвелл. Хевисайд же изучал в школе лишь элементарную математику, да и ту, как он с юмором отметил в письме к Бетено, к тому времени почти всю уже забыл. Ему понадобилось несколько лет работы, прежде чем он полностью разобрался в книге Максвелла.

Письмо заканчивается словами: «Тогда я отложил Максвелла и пошел своим собственным путем. На этот раз дело двинулось гораздо быстрее».

Первые несколько лет Хевисайд посвятил изучению максвелловской теории. Прежде всего следовало овладеть математическим аппаратом — изучить дифференциальное и интегральное исчисление, дифференциальные уравнения в частных производных и многое другое. С этой задачей Хевисайд успешно справился. За очень короткое время он в совершенстве изучил все необходимые для него разделы математики (это само по себе вызывает почтительное удивление), а в дальнейшем даже создал две новые области математической физики — векторное исчисление, включая векторный анализ, и опе-

рациональное исчисление. Теперь начала векторного исчисления преподают в школьном курсе математики и физики, но в то время, около ста лет назад, хотя понятие вектора и было известно, практически никто не использовал это понятие для описания физических явлений. Векторная алгебра и векторный анализ были почти не разработаны. Как писал впоследствии Хевисайд, «в своем великом Трактате об электричестве и магнетизме Максвелл хотя и отмечал, что векторные методы подходят для рассмотрения вопроса, но не пошел дальше использования в первую очередь представления о векторе, и иногда выражал свои результаты в векторной форме... Таким путем его читатели познакомились с представлением о векторе, а также узнали, как выглядят некоторые формулы, записанные в кватернионных обозначениях. Они, однако, не получили никаких сведений о том, как работать с векторами».

В то время для описания физических явлений широко применялось и еще шире пропагандировалось кватернионное исчисление. Хевисайд считал, что оно слишком сложно и ненаглядно, потому что векторная природа электрического и магнитного полей при кватернионной записи в значительной степени оказывается замаскированной.

Хевисайд развил простую и мощную схему векторного анализа, которая в своих основных чертах (это касается даже большей части введенных им обозначений) сохранилась до настоящего времени.

Сторонником векторного, а не кватернионного исчисления, кроме Хевисайда, был также Гиббс, который в своих лекциях независимо от Хевисайда (и несколько раньше) также систематически излагал основы векторного исчисления и широко применял векторное описание.

Вопрос о том, какую математическую схему выбрать для описания, векторное исчисление или кватернионное, с чисто математической точки зрения не является существенным, потому что обе эти схемы приводят к одним и тем же результатам.

Но в теории электромагнитного поля векторное описание имело определенные физические преимущества хотя бы потому, что электрическое и магнитное поля в трехмерном пространстве являются векторами, а не кватернионами, поэтому векторное описание обладает боль-

шей физической наглядностью. Аналогично обстояло дело и в других областях физики.

Введение векторного исчисления не обошлось без споров со сторонниками кватернионного описания. Гиббса и Хевисайда называли врагами кватернионного прогресса.

В наше время кватернионное описание почти не применяется в физике, векторное же исчисление (его называют иногда «векторное исчисление Гиббса—Хевисайда») нашло широкое применение во многих разделах физики. Если говорить о теории Максвелла, то векторный способ изложения сделал ее более наглядной и более доступной для изучающих.

Второй вклад Хевисайда в математику — это создание операционного исчисления. Он разработал новый эффективный метод решения линейных дифференциальных уравнений. В этом методе операция дифференцирования по одной из переменных заменяется умножением дифференцируемой функции на некоторый символ, который до поры до времени может рассматриваться как простое число. Такая замена упрощает уравнения, а если искомая функция зависит только от одной переменной, то дифференциальное уравнение превращается в алгебраическое. Это алгебраическое уравнение решается обычными методами, а затем в полученном выражении для решения символ, заменяющий операцию дифференцирования, вновь получает свой первоначальный смысл. Таким образом, решение является некоторым оператором, который нужно применить к заданной функции, чтобы получить решение в явном виде. Хевисайд показал, что для большого класса физически важных задач получение решения таким методом сводится к выполнению ряда стандартных операций, которые и были им выполнены.

Операционное исчисление получило широкое применение при решении целого ряда задач в различных областях физики: в теории теплопроводности и диффузии, при изучении электрических цепей и линий связи, в задачах распространения радиоволн. Удобство этого метода, помимо стандартного пути вычисления, состоит в том, что таким способом можно эффективно рассматривать процессы установления, или, как говорят, переходные процессы. Рассмотрим для примера некоторую электрическую цепь с отключенным элементом питания.

Пусть в некоторый момент времени (скажем, в нулевой момент) элемент питания включается в цепь. Тогда, прежде чем в цепи установятся стационарные токи, должно пройти некоторое время. Операционное исчисление позволяет легко определять поведение цепи непосредственно после включения, когда токи еще не достигли стационарной величины. Для рассмотрения процессов включения Хевисайд ввел специальную функцию. Она теперь так и называется — функция Хевисайда. Эта функция равна нулю во все отрицательные моменты времени и равна единице во все положительные моменты времени.

Хевисайд широко использовал в своих расчетах еще одну функцию. Он называл ее импульсной. Эта функция обладала очень странными свойствами. Она равнялась нулю во всех точках, кроме одной, а в этой одной точке обращалась в бесконечность таким образом, что интеграл от этой функции равнялся единице, если эта одна точка попадала в промежуток интегрирования. Эта функция описывает импульсное воздействие на систему. Такое воздействие имеет место, например, при упругом соударении двух жестких шаров. Силы действуют на шары только в момент соударения, а интеграл от силы по времени, то есть переданный при соударении импульс, отличен от нуля. Импульсная функция определяет также плотность точечного источника. Хевисайд подробно разобрал свойства этой функции. Однако эти работы Хевисайда были забыты. Больше чем через тридцать лет эту функцию заново ввел в физику Дирак. Теперь импульсная функция Хевисайда часто применяется в теоретической физике и носит название дельта-функции Дирака.

Работы Хевисайда по операционному исчислению первоначально не получили признания математиков. Почему так произошло?

Хевисайд был самоучка. Он не учился в университете (и даже в средней школе последней ступени), не слушал лекций, не посещал семинарских занятий, то есть не прошел того пути, на котором было воспитано подавляющее большинство английских ученых. Все свои знания он добыл без помощи преподавателей. Но обучение в университете давало не только научные знания. Обучение было одновременно и воспитанием в духе научных традиций, и введением в научное сообщество. Человек, окончивший Кембриджский или Оксфордский университет, уже в си-

лу только этого факта мог рассчитывать на внимательное отношение к себе и к своим научным результатам со стороны многих и многих ученых, прошедших ту же школу, тот же путь научного воспитания. Если научные результаты не вызывали сомнения, они получали безоговорочную поддержку, если результаты вызывали возражения, автор мог рассчитывать на доброжелательную критику. Он был равноправным членом научного сообщества.

Хевисайд не вошел в научное сообщество, как теперь говорят, не вписался. Его подход к проблеме был нетрадиционным, непривычным для членов научного сообщества и столь же непривычной была манера изложения полученных результатов. Занимаясь в полном уединении, он выработал свой стиль выбора и рассмотрения научной проблемы, и этот стиль был в некоторых отношениях далек от традиционного. Он создал в науке свой язык и свою систему образов, и они тоже во многих отношениях отличались от традиционных. Поэтому его работы было трудно читать. Иногда труднее было понять, в чем заключается утверждение Хевисайда, чем убедиться в справедливости этого утверждения.

Нужно еще помнить, что Хевисайд работал, как теперь говорят, «на переднем крае науки», он занимался новыми для своего времени проблемами. В таких случаях не всегда можно даже требовать соблюдения традиций в научном подходе. Бывает так, что при изучении нового класса явлений традиционный научный подход оказывается несостоятельным, и тогда зарождается новая традиция. Современники не всегда могут это увидеть и оценить. Несомненно, что и Максвелл при жизни не получил того признания, какого он был достоин, за свою электромагнитную теорию.

Научная традиция налагала определенные условия и на математическое рассмотрение физических проблем. Все математическое описание физических явлений нужно было проводить на высоком уровне математической строгости, то есть не выходя за пределы применимости строго доказанных математических утверждений. Выполнять это требование в полном объеме было очень трудно, да и вряд ли это было нужно. Математический аппарат в физических исследованиях играет подчиненную роль, а основная задача здесь — выяснение физических особенностей явления. В этих условиях может получиться

так, что выполнение всех требований строгости математического описания может не помогать выяснению физики дела, а, наоборот, затруднять выяснение. Не удивительно, что время от времени даже столь известным людям, как Максвелл и Рэлей, предъявлялись упреки за уклонение от математической строгости.

Но если Рэлей, который в своих работах использовал классические методы математической физики, подвергался упрекам за отклонение от математической строгости, то можно себе представить ту критику, которая обрушилась на голову Хевисайда. Математики отказывались признавать функцию Хевисайда, которая не была непрерывной и не была дифференцируемой, они отказывались признавать импульсную функцию, которая отлична от нуля только в одной точке, а интеграл от этой функции все же не равен нулю. Отказывались они и от признания результатов, полученных с использованием этих функций. Математики возражали против того, что Хевисайд заменял операцию дифференцирования значком, а затем обращался с этим значком, как с алгебраической величиной. А Хевисайд сделал еще много такого, чего никакой строгий математик в то время бы не признал. Он ввел функцию, аргументом которой был оператор (скажем, оператор дифференцирования), и разлагал эту функцию в ряд по степеням оператора. Как можно было определить сходимость такого ряда? Ведь его членами были не числа и не функции, а операторы. Он ввел производную дробного порядка, он разлагал функции в расходящиеся ряды. Все это привело к тому, что методы Хевисайда математики рассматривали как нестрогие, а значит, вообще не считали за методы. Сохранилось письмо Рэлея к Хевисайду, где Рэлей пишет об одной из работ Хевисайда: «...Эта работа не понравилась нашим математикам... Они считают, что значительная часть работы представляет собой попытку сделать с помощью несовершенных методов то, что уже сделано с помощью строгих методов». Такое отношение математиков в большой мере затрудняло публикацию работ Хевисайда (потому что строгие математики были в числе рецензентов, и можно думать, они писали отрицательные рецензии на посланные в печать статьи Хевисайда), а также вело к явной недооценке его уже опубликованных работ.

Несправедливость математиков из Королевского общества вызывала обиду Хевисайда в течение многих лет.

Дело было не только в недооценке его методов, которые со временем все получили обоснование. В частности, его импульсная функция (теперь она также называется дельта-функцией) получила полные права математического гражданства в теории обобщенных функций лет через 50 после того, как импульсную функцию систематически использовал Хевисайд, получивший с ее помощью ряд важных физических результатов. Обосновано было и операционное исчисление, причем обоснование оказалось довольно простым делом. В общих словах обоснование это таково. Возьмем функцию вида Ae^{pt} , где p и A — некоторые постоянные числа, а t — независимая переменная. Дифференцирование этой функции по переменной t сводится к умножению на p , вычисление второй производной дает множитель p^2 и т. д. Мы видим, что для этой функции оператор дифференцирования можно заменить числом p , как это и делал Хевисайд. Функция Ae^{pt} является, как теперь говорят, собственной функцией оператора $\frac{d}{dt}$ с собственным значением p .

В базисе, построенном из собственных функций, оператор есть число. Но любую функцию от переменной t можно представить в виде суммы функций вида Ae^{pt} , подобрав для каждого значения p свое значение A . Такое представление — это хорошо известное интегральное представление Лапласа (или Фурье). Таким образом, операционный метод Хевисайда применим для широкого класса функций, которые могут быть представлены в виде интеграла Лапласа (или Фурье). Отметим, кстати, что и слово «оператор», и соответствующее этому слову понятие вошли в физику в значительной мере благодаря Хевисайду.

Хевисайд неоднократно выражал свое отношение к требованию математической строгости на самом высшем уровне при изложении физических теорий. Он, в частности, писал: «Нужно по возможности полнее избегать вошедшего в обычай избавления от физики путем сведения задачи к чисто математическому упражнению. Следует все время не упускать из вида физику, чтобы придать задаче жизнь и реальное значение и чтобы получить большую помощь, которую физика дает математике. Это не всегда может быть сделано, особенно в деталях, которые требуют больших вычислений, но этот общий принцип следует проводить в жизнь по возможно-

сти полнее, уделяя особое внимание движущим идеям. Ни один математический пурист никогда бы не смог выполнить работу, заключенную в максвелловском трактате. Он мог бы знать всю необходимую математику и даже больше, но это не привело бы к цели, потому что он не смог бы сложить все вместе без физического руководства. Это обстоятельство ни в коей мере его не порозит, но только показывает различие в путях мышления. За последние полвека чистая математика достигла огромных успехов, и было бы правильно и справедливо поставить их в соответствие с успехами в физической науке. Но вместе с тем к пуристам пришла склонность возражать против введения физических идей в математику с возможной в результате потерей строгости. Может оказаться, что иногда не только не происходит потери строгости, но увеличивается общность и упрощается рассмотрение».

«...Я хотел бы, чтобы пуристы взяли урок у Фурье, Томсона и Тэта, Максвелла или Рэлея, и чтобы они излагали свою повесть иначе, и сделали бы ее интереснее, допустив немного воображения. Я имел возможность ознакомиться со значительной частью большой книги по теории функций, пытаясь найти там то, чего я не нашел. Самое большое восхищение вызывают старательность и суровая строгость, но как это отличается от физической математики, как трудно что-то вычитать из сурового формализма, и насколько узкой кажется книга из-за недостатка физических примеров. Пожалуй, вопрос прояснился бы в значительной степени, если бы имелась физическая теория, основанная на этом материале или поясняющая его».

Как видно из приведенных высказываний, Хевисайд был противником математической строгости ради строгости. Он был великим представителем математической физики. Он ценил математику лишь постольку, поскольку она помогала решать физические задачи. Такую математику он называл физической математикой. В наше время принято название «математическая физика». Это название было принято и во времена Хевисайда, но он в приведенном отрывке, желая подчеркнуть свою мысль, применяет сочетание «физическая математика».

Хевисайд не отрицал, что применяемые им математические методы не имеют пока строгого обоснования. Но он считал, что если метод доказал свою эффективность, то

нужно этот метод применять, не дожидаясь строго обоснования. Он приводит в пример введенные им операторы сопротивления электрической цепи: «Действительно, их использование часто ведет к большим упрощениям и избавляет от необходимости проводить сложные вычисления определенных интегралов. Но при этом строгая логика дела не ясна! Ну и что из того? Буду ли я отказываться от обеда потому, что не понимаю полностью процесс пищеварения? Нет, не буду, если я удовлетворен результатом. Подобным образом и физик может применять нестрогие процессы с удовлетворением и пользой, если он, проводя проверки, убеждается в точности своих результатов».

Мнение Хевисайда о том, что чистая математика скучна и бесполезна, а физическая математика интересна и плодотворна,— это его личное мнение, отражение его симпатий и антипатий. О вкусах не спорят. Хевисайд изучил математику, имея в виду единственную цель — разобраться в физической теории. Мы привели его мнение не к умалению чистой математики, а для того, чтобы полнее выразить взгляды Хевисайда на соотношение физики и математики.

Но в приведенных высказываниях Хевисайда о чистой математике есть и такое, с которым согласится всякий. Хевисайд утверждает, что успехи математики связаны с успехами физической науки. Строгая математика времен Хевисайда в конечном счете уходит корнями в ньютоновскую механику, как и вся почти математика XIX столетия. Те, кто упрекал Хевисайда в математической нестрогости, не понимали, что наступает время новой физики, которая не сводится к ньютоновской механике. А новая физика требовала новой математики, и Хевисайд это понимал.

Добавим еще, что, насколько известно, обвинения в математической нестрогости и в применении необоснованных методов никогда не сопровождались конкретным указанием на ошибочность тех или иных результатов, полученных Хевисайдом. Хевисайд вычислял правильно, может быть, как раз потому, что он как никто другой мог провести физический анализ проблемы.

Хевисайд болезненно переживал нетерпимость в выборе научного пути, узость подхода у оппонентов и несправедливую критику своих работ. Но не следует думать, что только математическая сторона его статей

встречала непонимание. Физические результаты также нередко встречали непонимание или вызывали резкие и необоснованные возражения.

Изучив трактат Максвелла и отложив его в сторону, Хевисайд, как он пишет в письме к Бетено, «пошел своим собственным путем». Но его собственный путь в науке был на всю жизнь определен трактатом. Хевисайд продолжил развитие электродинамики Максвелла с того места, на котором Максвелл оставил свою теорию. Та теория электрических и магнитных явлений, которую мы теперь широко используем, имеет во многом тот вид, который ей был придан Хевисайдом. В течение ряда лет в журнале «The Electrician» из номера в номер публиковались подробные статьи Хевисайда, посвященные систематическому развитию теории электромагнитного поля. В работах Хевисайда подробно проанализированы основные физические понятия, лежащие в основе теории: электрическое и магнитное поля (Хевисайд называл их «электрическая сила» и «магнитная сила»), энергия поля, поток энергии поля (этого понятия у Максвелла не было), работа поля над системой зарядов и токов и т. д. Параллельно с подробнейшим разбором физических особенностей Хевисайд рассмотрел количественно огромное число практически важных задач. Многое из того, что он сделал, теперь входит в учебники по электричеству без всякого упоминания о том, кто впервые провел это рассмотрение.

«Electrician» («Электрик») был журналом научно-техническим, рассчитанным на широкий круг читателей, не имеющих высокой научной подготовки. Для большинства из них статьи Хевисайда были непонятны. Тем большей благодарности заслуживают редакторы журнала, предоставившие место для фундаментально важных исследований по созданию и развитию электромагнитной теории.

Мы не имеем здесь возможности сколько-нибудь полно описать вклад Хевисайда в развитие электродинамики. Приведем лишь наиболее яркие примеры, показывающие, как далеко он опередил свое время и как велик был его вклад не только в теорию, но и в практические приложения.

В те годы телеграф уже прочно вошел в жизнь общества. В 1858 году был успешно проложен первый

трансатлантический кабель, в 1865 году — второй и в 1866 году — третий.

Теория передачи сигнала по кабелю была разработана У. Томсоном (Кельвином) в 1855 году. Кельвин рассматривал кабель как систему, обладающую двумя параметрами — значениями емкости и сопротивления на единицу длины кабеля. При этом и для тока и для напряжения в кабеле получились уравнения типа уравнения теплопроводности, но только роль теплопроводности играла величина, обратная произведению емкости и сопротивления. Таким образом, в этом случае распространение сигнала по кабелю подчиняется тем же законам, что и распространение тепла вдоль длинного стержня с теплоизоляцией на боковой поверхности. В этом приближении сигнал на одном конце линии появляется одновременно с моментом его поступления в линию на другом конце. Величина принимаемого сигнала сначала очень мала, а потом сигнал нарастает. Поэтому в теории Томсона момент приема может практически совпадать с моментом передачи, если чувствительность приемного устройства достаточно высока. Время установления сигнала, то есть время, за которое сигнал на другом конце кабеля нарастает до наибольшей величины, оказывается пропорционально квадрату длины кабеля и значениям погонной емкости и погонного сопротивления. Величина времени установления в теории Кельвина устанавливает предел на частоту передаваемых сигналов. Если за промежуток времени, равный времени установления, с передающей станции отправляется несколько сигналов, то принимающая станция может их принять как один непрерывный сигнал. Поэтому число передаваемых в единицу времени сигналов не должно превышать обратного времени установления. Пока речь шла о передаче телеграфных сигналов, с этим ограничением еще можно было мириться, увеличивая чувствительность приемной аппаратуры и ограничивая скорость передачи точек и тире в очень длинной линии. Но через некоторое время после распространения телеграфной связи появился телефон. В телефонной связи по кабелю передается человеческая речь, и спектр передаваемых частот становится намного шире, чем при передаче телеграфных сигналов. Теория Кельвина в применении к передаче человеческой речи приводила к пессимистическим прогнозам. Телефонная связь без искажений согласно этой теории, была возможна лишь

на малых расстояниях. С увеличением расстояния сигнал расплывался настолько, что вместо человеческой речи на другом конце провода слышалось невнятное бормотание. Эксперименты по телефонной связи на большие расстояния подтверждали теорию Кельвина.

В середине 80-х годов прошлого века Хевисайд подробно исследовал распространение сигнала по проводной линии. В его теории учитывались такие параметры линии, которые не вошли в рассмотрение У. Томсона. Кроме емкости линии на единицу длины и сопротивления на единицу длины (эти величины входили в теорию У. Томсона), Хевисайд учел еще индуктивность линии на единицу длины и утечку на единицу длины. Для краткости мы все эти величины будем называть просто «емкость», «сопротивление», «индуктивность» и «утечка».

Чтобы пояснить смысл всех этих величин, рассмотрим линию, состоящую из двух параллельных проводов. Возьмем участок этой линии, имеющий единичную длину. Этот участок обладает омическим сопротивлением, которое необходимо учитывать. Далее, два параллельных провода, как и любых два металлических тела, находящихся вблизи друг от друга, можно рассматривать как пластины конденсатора. Это значит, что рассматриваемый участок линии имеет емкость. Если ток в линии меняется со временем, то меняется и магнитное поле, создаваемое токами, а следовательно, меняется и магнитный поток через поверхность, ограниченную контуром линии. Это приводит к появлению в линии электродвижущей силы индукции, которую необходимо учитывать. Электродвижущая сила индукции пропорциональна скорости изменения тока в линии, причем коэффициент пропорциональности и дает введенную Хевисайдом индуктивность. Наконец, из-за различия в потенциалах от одного провода к другому идет ток через среду, разделяющую эти провода. Этот ток Хевисайд назвал током утечки. Он определяется по закону Ома как отношение разности потенциалов к сопротивлению среды между проводами. Величину, обратную сопротивлению среды, Хевисайд назвал утечкой.

Учет Хевисайдом индуктивности и утечки имел принципиальное значение. Для распространения сигнала по кабелю Хевисайд получил волновое уравнение. Он далее исследовал закон распространения волн по кабелю. Волны разных частот имеют, вообще говоря, разную фазовую

скорость, и это приводит к расплыванию сигнала. Но, как показал Хевисайд, можно так подобрать параметры кабеля, что волны всех частот будут иметь одну и ту же фазовую скорость и одинаковое затухание вдоль кабеля. Поэтому сигнал любой формы будет распространяться без расплывания, хотя, конечно, будет ослабляться из-за потерь в кабеле. Условие, найденное Хевисайдом, состояло в следующем: надо так подобрать параметры кабеля, чтобы произведение емкости на сопротивление было равно произведению утечки на индуктивность. Тогда сигнал по кабелю будет распространяться без изменения формы. Вы видите, что учет индуктивности и утечки действительно имел принципиальное значение. По теории Кельвина, все процессы в линии определяются произведением емкости на сопротивление. Но эта теория приводила к выводу о сильном искажении сигнала. Хевисайд показал, что необходимо учитывать также индуктивность и утечку, причем для связи без искажений произведение этих двух величин должно быть равно произведению емкости на сопротивление, то есть индуктивностью и утечкой никак нельзя пренебрегать. Далее Хевисайд оценил параметры реально действующих линий и пришел к выводу, что, как правило, для этих линий произведение индуктивности на утечку оказывается намного меньше, чем нужно для связи без искажений. Увеличить это произведение можно было либо за счет увеличения утечки, либо за счет увеличения индуктивности. Но увеличение утечки приводит к сильному затуханию сигнала и поэтому нежелательно. Увеличение же индуктивности даже уменьшает затухание и, кроме того, что самое важное, дает линию без искажений.

Создалось удивительное положение. Большинство ученых равнодушно или с сомнением относились к возможности существования электромагнитных волн. Немногочисленные энтузиасты думали о том, как создать электромагнитные волны, планировали или уже проводили эксперименты. Но открытие волн было еще впереди. И тут появляются исследования Хевисайда, из которых следует, что эти самые электромагнитные волны уже существуют в линиях связи, в реально уже действующих линиях связи, и параметры линии определяют условия распространения этих волн. Больше того, можно добиться таких условий, при которых все волны идут по линии с одинаковой фазовой скоростью, и тогда сигнал

переносится без искажений вдоль линии. Высокая теория, от которой не ждали особой пользы, обернулась важными практическими советами. Но советы Хевисайда были встречены в штыки. Вот что он сам писал об этом впоследствии: «Но в 1877 году я был на некоторое время остановлен намертво, когда я подошел к разработанным практическим приложениям моей теории с новыми предложениями (частично опубликованными ранее) большого практического значения относительно телефонной связи на большие расстояния. Эти предложения были в противоречии с теми взглядами, которые в то время официально отстаивались...»

Хевисайд под официальными взглядами имеет в виду, в частности, взгляды Уильяма Генри Приса, одного из руководящих работников британского почтового ведомства, а впоследствии главного инженера почтового ведомства. Занимая высокий официальный пост и ведая всеми техническими устройствами связи, он препятствовал распространению выводов Хевисайда о роли индуктивности в телефонной связи. Прис отрицал какую бы то ни было роль индуктивности в обеспечении телефонной связи, свободной от искажений. Величину индуктивности Прис оценивал неверно, сильно занижая ее. В своих возражениях против Хевисайда Прис опирался на теорию передачи сигнала по кабелю, разработанную Кельвином. Об этой теории мы уже упоминали. Но теория Кельвина была частным случаем более общей теории, разработанной Хевисайдом, а именно, из теории Хевисайда в пределе малых частот получалась теория Кельвина. Для высоких же частот теория Кельвина была неприменима. Прис этого не понимал и неизменно давал отрицательные отзывы на работы Хевисайда, препятствуя их публикации. В этом его союзниками оказались математики, ставившие под сомнение методы, при помощи которых Хевисайд пришел к своим результатам.

Прис был учеником Фарадея и, по-видимому, неплохим практическим инженером. О нем, в частности, известно, что он ввел электрическую сигнализацию на английских железных дорогах. Это, несомненно, способствовало повышению безопасности движения. Прис также много сделал для развития беспроводной связи. Он обратил внимание на то, что при передаче сигналов по телеграфной линии возбуждались токи в другой ли-

нии, расположенной по соседству. Прис использовал это явление для передачи сигналов на расстояние порядка мили, например с берега на маяк, расположенный на прибрежном острове. Позднее Прис также оказал значительную помощь Маркони в его опытах по развитию радиосвязи.

Но теоретические исследования Прис явно недооценивал, а к работам Хевисайда относился как к чепухе, о чем с уверенностью заявлял во всеуслышание. Это была уверенность невежества, но Хевисайду от этого легче не было. Вот что пишет о развитии конфликта сам Хевисайд: «Что касается меры индуктивности, то официальная сторона приняла, что индуктивность на один см воздушной телефонной цепи (в электромагнитных единицах) составляет лишь малую долю единицы, в то время как другая сторона (читай—Хевисайд.— *Прим. авт.*) провозгласила, что индуктивность имеет значения, в сотни раз большие, скажем, от 10 до 20 единиц на 1 см цепи. В этом состоял наиболее полный из возможных антагонизм между моей и официальными точками зрения как в основах, так и в деталях. Желательно было провести более подробное рассмотрение и обсуждение проблемы. Однако я обнаружил, что провентилировать все это более чем невозможно. Прежде всего, обстоятельства, о которых нет нужды упоминать, помешали мне изложить вопрос перед Обществом Телеграфных Инженеров и Электриков весной 1887 года (представленный доклад Хевисайда был отклонен.— *Прим. авт.*). Затем, несколько позднее, редактор журнала «*Philosophical Magazine*» не смог далее предоставить место для продолжения моей работы «Самоиндукция проводов», часть VIII, где речь шла о цепи без искажений и о телефонии. В-третьих, после частичной публикации (разделы XL до XLVI) статьи «Электромагнитная индукция» произошла смена редактора в журнале «*Electrician*», и новый редактор попросил меня прервать публикацию. Он вежливо информировал меня, что хотя он провел частный опрос среди студентов, выясняя, кто из них хотел бы читать мои статьи, чтобы найти хотя бы одного, кто читал, он не смог найти ни единого. В-четвертых, он вернул короткую статью по тому же самому вопросу телефонии на большие расстояния. В этой статье были подробно показаны официальные ошибки и обращалось внимание на противоположные результаты, вытекающие

из моей теории. До того как она была возвращена, статья побывала в официальных руках. И, наконец, три других журнала отклонили эту самую статью по причинам, которые лучше всего известны им самим.

По-видимому, полагали, что официальные точки зрения с гораздо большей вероятностью являются правильными, и поэтому было бы предусмотрительно отказаться от обсуждения новых точек зрения, столь поразительно противоречащих официальным. По-видимому, сыграла роль и мысль о том, что официальные взгляды, в силу их официальной природы, не должны оспариваться или критиковаться. Но во всем этом есть нечто несправедливое, как показали приведенные выше факты и последующие доказательства в поддержку моих взглядов. Потому что какую же другую цель могут иметь люди науки, кроме цели познать истину? И как это можно сделать без свободной дискуссии?»

Конечно, люди науки имеют цель — познать истину. Но Прис не был человеком науки. По свидетельству Дервента Мерсера, Прис был *showman*. Это слово буквально переводится как хозяин цирка, балаганщик. В данном случае этому слову можно придать смысл «человек шоу-бизнеса». Он занимал высокое положение, но не имел реального представления о научных основаниях телеграфии и телефонии. Это, кстати, понимали и его современники. Например, Оливер Лодж, упоминая о споре Хевисайда с Присом, называет Хевисайда «математический гений исключительной силы», а про Приса пишет так: «В частности, столь выдающаяся личность, как сэр Уильям Генри Прис, гениальный оратор и в течение многих лет главный инженер телеграфного департамента в британском почтовом ведомстве, рассматривал эти работы как чепуху». Далее Лодж пишет, что одно время Хевисайд испытывал горечь непонимания и враждебности, «о чем добродушный человек, подобный сэру Уильяму Прису, первый бы сожалел, если бы был лучше информирован». Эти слова правда были написаны больше чем через сорок лет после дискуссии, но за это время мнение Лоджа не изменилось. Он был в этой дискуссии на стороне Хевисайда.

Кстати, именно Прис привез телефон из Америки, но он же заявлял, что телефон никогда не принесет пользы и не заменит телеграфа.

Прис был влиятельным человеком, и, кроме того,

академическая наука не поддержала Хевисайда. Отстаивая свои взгляды, Хевисайд попал в трудное положение. Можно еще добавить, что статья его брата Артура Веста Хевисайда, в которой результаты математических исследований Оливера были облечены в более практическую форму, также была отклонена обществом телеграфных инженеров.

Но в этой дискуссии время работало на Хевисайда. 1888 год принес экспериментальное доказательство существования электромагнитных волн. Генрих Герц получил электромагнитные волны в открытом пространстве, а Оливер Лодж наблюдал их распространение вдоль проводов. Как вспоминал Лодж, «Хевисайд приветствовал оба наблюдения, как одно и то же, хотя, без сомнения, исследования Герца затмевают мои как по тщательности, так и по практическим результатам». Но Хевисайд, приветствуя оба эти достижения как одно, имел в виду не различия в постановке опыта, не тщательность выполнения и не практические результаты, а подтверждение основного положения теории Максвелла о существовании электромагнитных волн.

В 1889 году Кельвин в президентской речи, прочитанной в Институте инженеров-электриков, признал, что его теория передачи сигнала по кабелю не учитывает электромагнитной индукции. Но недавно, сказал он, очень полная теория была разработана мистером Оливером Хевисайдом. В качестве вывода из своей математической теории мистер Хевисайд указал и подчеркнул, что электромагнитная индукция дает положительный эффект — она помогает переносить ток. Возможно, что после этой речи Хевисайд написал Кельвину письмо, потому что в бумагах Хевисайда сохранилось письмо Кельвина, где говорится: «Я очень рад узнать, что Вам было приятно мое упоминание Вашей работы. Я думаю, что не все понимают, с какой полнотой Вы применили Ваши результаты к важным практическим вопросам и, кроме того, до сих пор Ваши результаты не столь широко известны. Однако среди тех, кто интересуется вопросами науки об электричестве, сравнительно немногие могут читать и понимать такие работы, как Ваши, и это, без сомнения, является главной причиной, по которой Ваши работы намного меньше известны и признаны, чем они того заслуживают».

Практический совет Хевисайда заключался в том,

что для создания линии, передающей сигнал без искажений, нужно увеличить ее индуктивность. Сделать это можно, например, подключая к линии катушки индуктивности, расположенные на равных расстояниях друг от друга. По этому пути (хотя и с задержкой из-за непонимания) и пошла телеграфия. К 1920 году только в Америке индуктивная нагрузка была установлена на дальних телефонных линиях протяженностью 300 тыс. км. С развитием техники телефонной связи нужда в нагрузках на дальних линиях уменьшилась, но даже и при этом в 1949 году число катушек только на линиях компании «Bell Sustem» составляло приблизительно 20 млн.

В конце 80-х годов Хевисайд занялся определением электрического и магнитного полей, образованных равномерно движущимся электрическим зарядом. Как известно, поле покоящегося электрического точечного заряда сферически симметрично, то есть оно определяется только расстоянием от покоящегося заряда до той точки, где измеряется поле. Электрическое поле направлено по прямой, соединяющей заряд с точкой наблюдения и по величине обратно пропорционально квадрату расстояния от заряда до точки наблюдения. Магнитное поле покоящегося заряда равно нулю. Если заряд не покоится, а равномерно движется, то характер поля меняется. Рассмотрение этого вопроса для случая, когда скорость заряда мала в сравнении со скоростью света, провел Дж. Дж. Томсон. Он показал, что в этом случае электрическое поле по-прежнему является сферически симметричным и по-прежнему электрическое поле обратно пропорционально квадрату расстояния от заряда до точки наблюдения и направлено по прямой, соединяющей заряд с точкой наблюдения. Таким образом, в приближении Томсона электрическое поле движущегося заряда имеет такой же вид, как и поле покоящегося, но только оно переносится вместе с движущимся зарядом. Кроме того, при движении заряда возникает и магнитное поле, и Дж. Дж. Томсон вычислил и его. Важно здесь отметить, что Томсон вычислял поле движущегося заряда приближенно, считая, что скорость заряда u много меньше, чем скорость света c . В этом предположении отношение $\frac{u}{c}$ есть малая величина. Томсон учитывал члены перво-

го порядка по $\frac{u}{c}$, а более высокие степени этого параметра не учитывал. Хевисайд в серии статей, первая из которых была опубликована в 1888 году, подробно изучил поле равномерно движущейся точечной заряженной частицы. Он получил точные выражения для электрического и магнитного полей частицы, сначала в предположении, что скорость частицы не превышает скорость света в той среде, где частица движется. Как показал Хевисайд, характер поля частицы существенно меняется по мере увеличения ее скорости. Чтобы получить представление о том, как меняется поле, рассмотрим сначала случай, когда частица покоится. Окружим частицу сферической поверхностью некоторого радиуса, так что частица находится в центре этой поверхности. Тогда электрическое поле в любой точке поверхности направлено по нормали к этой поверхности и во всех точках поверхности имеет одинаковую величину. Рассмотрим теперь движущуюся частицу. Окружим ее сферой того же радиуса, что и в предыдущем случае. Те точки сферы, которые пересекаются линией движения частицы, назовем полюсами. В случае медленного движения заряда поле на всей сфере имеет одинаковую величину, то есть, скажем, поле на экваторе такое же, как и на полюсах. В этом случае решения, найденные Хевисайдом, переходят в решения Томсона, который и ограничил свое рассмотрение случаем медленного движения. Но при дальнейшем росте скорости заряда характер электрического поля меняется: величина поля в разных точках сферы теперь различна: «Если скорость растет, электромагнитное поле все больше и больше сгущается вблизи от экваториальной плоскости $\theta = \frac{1}{2}\pi$. Чтобы дать

представление об этом сгущении, положим $\frac{u^2}{v^2} = 0,99$.

(Хевисайд скорость света в среде, в которой движется заряд, обозначает через v , а скорость заряда через u . — *Прим. автора.*). Тогда поле E в полюсе составляет 0,01 от нормального значения $\frac{q^2}{r^2}$, а на экваторе поле в 10 раз больше нормального значения». В кавычки заключена выдержка из работы Хевисайда 1889 года.

Он показал также, что в пределе $u = v$, то есть когда скорость заряда становится равна скорости света, все

поле собирается в плоскости, проходящей через экватор, «образуя плоскую электромагнитную волну». Опять в кавычки заключены слова Хевисайда из работы 1888 г.

В настоящее время поле равномерно движущегося заряда приводится во всех учебниках по электричеству, но, пожалуй, ни в одном вы не найдете указания на то, что соответствующие выражения впервые получены Хевисайдом в 1889 году.

В этой же работе 1889 года Хевисайд вычислил полную энергию электромагнитного поля, связанного с равномерно движущимся зарядом. Как известно, плотность энергии электромагнитного поля равна сумме квадратов электрического и магнитного полей. Чтобы найти полную энергию электромагнитного поля, нужно вычислить интеграл от плотности энергии по всему пространству. Хевисайд отдельно вычисляет интегралы от квадрата электрического поля и от квадрата магнитного поля. Первый интеграл Хевисайд обозначает через U и называет полной электрической энергией. Второй интеграл обозначен буквой T и назван полной магнитной энергией. Разумеется, для случая точечного заряда обе эти величины расходятся. Поэтому Хевисайд при вычислении предполагает, что источник поля не точечный, а идеально проводящая сфера радиуса a , движущаяся равномерно со скоростью u и обладающая полным зарядом q . Тогда выражения для электрической энергии U и магнитной энергии T оказываются конечными. Мы не будем здесь их приводить, отметим только, что если скорость заряда u стремится к скорости света v в той среде, где движется заряд, то в пределе (как теперь говорят, в релятивистском пределе) из формул Хевисайда получается, что электрическая энергия U и магнитная энергия T равны друг другу и обе зависят от скорости заряда одинаковым образом, а именно пропорциональны множителю $1/\sqrt{1 - \frac{u^2}{v^2}}$. Таким образом, и полная энергия электромагнитного поля, порожденного движущимся зарядом, пропорциональна тому же множителю $1/\sqrt{1 - \frac{u^2}{v^2}}$.

Этот множитель теперь называют Лоренц-фактором, он часто встречается в формулах специальной теории относительности. Но вспомним, что работа Хевисайда послана в печать в декабре 1888 года. И в этой работе получена зависимость энергии от скорости (или, что то же са-

мое, зависимость массы от скорости) такая же, как в специальной теории относительности, появившейся семнадцатью годами позднее. Ничего удивительного в таком совпадении нет, мы теперь знаем, что уравнения Максвелла инвариантны относительно преобразования Лоренца, поэтому прямой подсчет поля движущегося источника дает тот же результат, что и пересчет поля с помощью преобразования Лоренца из той системы координат, где источник покоится. Во времена появления работы Хевисайда, где была вычислена энергия поля движущегося заряда, ни теории относительности, ни названия «Лоренц-фактор» еще не существовало. «Лоренц-фактор» переводится как множитель Лоренца. Но этот множитель впервые появился в работах Хевисайда.

Однако Хевисайд в дальнейшем был далек от идей специальной теории относительности. Он не считал скорость света максимальной возможной скоростью для материальных тел, из его работ не видно, что он признавал преобразования Лоренца. Более того, он прямо высказывался против закона сложения скоростей, который следует из преобразований Лоренца. Хевисайд умер в 1925 году, через 20 лет после создания специальной теории относительности и более чем через 10 лет после появления общей теории относительности. Но в его работах нет никаких упоминаний ни о специальной, ни об общей теории относительности. Некоторые его результаты (как, например, упомянутая выше зависимость энергии электромагнитного поля, созданного равномерно движущимся зарядом, от скорости движения) предвосхищают результаты специальной теории относительности, но лишь постольку, поскольку электродинамика Максвелла была первой релятивистски инвариантной теорией, которая вошла без изменений в схему специальной теории относительности. Что же касается общей теории относительности, глубокой теории, которая связывает свойства пространства, инерцию тел и силы тяготения, то Хевисайд не проявил к ней никакого интереса. Он сам пытался создать теорию тяготения, основанную на максвелловской электродинамике. Если изложить его идеи очень грубо и схематично, то они сводились к следующему. В пространстве, окружающем тело, имеются электромагнитные волны самых разных частот, распространяющиеся в самых различных направлениях. При падении какой-либо электромагнитной волны на тело

возникает сила, обязанная своим существованием силе светового давления. Поскольку волны падают на тело со всех сторон, силы светового давления от разных волн уравниваются, и поэтому на тело никакой результирующей силы не действует. Но если в таком поле случайных волн имеются два тела, находящихся на некотором расстоянии друг от друга, то картина меняется. Представим себе волну, падающую на первое тело с такого направления, что второе тело оказывается в тени полностью или частично. В этом случае силы светового давления, действующие на каждое из тел, оказываются различны, и тела «притягиваются» друг к другу. Хевисайд, таким образом, пытался построить теорию тяготения на основе электродинамики. Своих работ, посвященных этой проблеме, он не публиковал. Есть сведения, что в последние годы своей жизни он подготовил для печати рукопись четвертого тома «Электромагнитной теории» (первые три книги вышли из печати первым изданием с 1899 до 1912 года). Некоторые даже видели эту рукопись. Но она исчезла, и поиски ее пока не дали результатов. Дом Хевисайда после его смерти был ограблен. Возможно, что воры похитили и рукопись четвертого тома. О работах Хевисайда по электромагнитной теории тяготения можно судить по немногим уцелевшим разрозненным черновикам. По-видимому, это направление не привело бы к развитию теории, которая могла бы конкурировать с общей теорией относительности. Впрочем, не имея перед глазами полной картины, трудно сделать определенное заключение.

Хевисайд рассматривал поле заряженной частицы, движущейся в преломляющей среде со скоростью, превышающей скорость света в этой среде. С 1888 по 1901 год Хевисайд в серии работ детально разрабатывал теорию излучения, возникающего при таком (как говорят, «сверхсветовом») движении заряда. Эти работы, однако, были быстро забыты.

О том, что некоторые существенные черты этого явления предсказаны в работах Хевисайда, вспомнили только в 1974 году, через сорок лет после того, как было обнаружено излучение Вавилова — Черенкова, и через восемьдесят лет после того, как в работах Хевисайда появились первые указания на возможность такого излучения.

В основе точного значения лежат число и мысль. Что такое точное знание? Можно ли понимать точное знание как безошибочное? Нет, конечно. Самые точные формулы, как и самые точные измерения, в действительности все-таки являются приближенными, содержат те или иные пренебрежения. Так что же тогда такое точная наука? Ответ на этот вопрос можно было бы сформулировать так: точная наука — это такая наука, в которой можно оценить ошибку любого полученного результата. В этом смысле точность есть оценка допускаемой неточности.

Точная наука есть сочетание числа и мысли. Число и мысль неразделимы. Мысль породила число, и мысль проверяется числом.

Первоначально число всегда было связано с предметом. Люди говорили: «Два камня, две птицы, два облака». Они не могли сказать просто «два». Не было просто чисел, а были, как говорят, числа именованные. Но вот кто-то великий (его имени мы не знаем) первый сказал просто «два» — не два камня, не две птицы, не два облака, а просто число два, количественная характеристика, которая может быть применена к любым объектам. Число, которое в жизни всегда связано с каким-нибудь предметом, получило самостоятельную жизнь. Мы уже привыкли к этому и не удивляемся, а между тем это великое чудо. Мы говорим:

— Пять!

И если нас спросят:

— Чего пять? Пять тетрадок, или пять яблок, или пять копеек?

Мы отвечаем:

— Ничего пять. Просто пять. Пять чего угодно.

По существу, это чудо, не уступающее тому, которое описано в знаменитой сказке английского писателя Льюиса Кэрролла «Алиса в стране чудес». Один из персонажей этой сказки — Чеширский Кот — мог появляться и исчезать по своему желанию. Алиса спросила его: «— А можете вы появляться и исчезать не так внезапно? А то у меня голова кругом идет.

— Хорошо, — сказал кот и исчез — на этот раз очень медленно. Первым исчез кончик его хвоста, а последней — улыбка. Она долго парила в воздухе, когда все остальное пропало.

—Д-да,— подумала Алиса,— видала я котов без улыбок, но улыбка без кота! Такого я в жизни не встречала!»

Число без наименования, число без реального объекта — это все равно что улыбка без кота. Мы к этому привыкли, нас это уже не удивляет, без этого бы не было математики. Кстати, Льюис Кэрролл, сказку которого мы здесь вспоминаем,— это псевдоним. Настоящее имя автора — Чарлз Латуидж Доджсон. Он не был профессиональным писателем, сказку он написал в свободное время. Он был профессор математики.

Число — это абстракция, отрыв количества от того, что этим количеством определяется.

Число является результатом измерения. Поэтому в точном знании любая теоретическая схема обязательно должна быть доведена до числа, по крайней мере такая возможность обязательно должна быть предусмотрена. Если бы этого не было, то физическая теория не могла бы быть проверена на опыте, не имела бы предсказательной силы.

В статье Эйнштейна «О методе теоретической физики» есть рассуждение о связи опыта и логического мышления (т. е. числа и мысли): «Но если опыт есть начало и конец всего нашего знания, то какова же роль логического мышления в науке? Полная система теоретической физики состоит из понятий, из фундаментальных законов, которые должны иметь силу для этих понятий, и из следствий, выведенных посредством логической дедукции. Это те следствия, которые должны соответствовать нашему единичному опыту. В любом теоретическом трактате их логический вывод занимает почти все страницы». И дальше: «Логическое мышление определяет структуру этой системы; то, что содержит опыт и взаимные соотношения опытных данных, должно найти свое отражение в выводах теории».

Максвелловская электродинамика — один из примеров, которые поясняют мысль Эйнштейна. В этой теоретической схеме основные понятия — электрическое поле и магнитное поле, заряды и токи. Связь этих понятий между собой задается уравнениями Максвелла. Для того чтобы получить из теории следствия, проверяемые на опыте, надо решить систему уравнений Максвелла, то есть определить поля при заданных физических условиях.

Мы знаем теперь, что теория Максвелла охватывает колоссальный круг явлений и является основой для важнейших приложений.

Теория Максвелла широко применяется для расчета и проектирования электродвигателей, генераторов, радиоприемных и радиопередающих устройств, линий связи, линий электропередачи, сетей энергоснабжения, ускорителей, термоядерных установок — все перечислить невозможно. Такое широкое применение вызвано не тем, что мы умеем решать уравнения Максвелла, а главным образом тем, что мы теперь понимаем основные понятия и руководящие физические идеи, лежащие в основе теории Максвелла. Здесь, как и всюду, понимание основных принципов является главным, а математический аппарат играет хотя и важную, но вспомогательную роль.

Прояснение физических идей, положенных в основу электромагнитной теории, является великой заслугой Хевисайда, человека, опередившего свое время и потому не получившего того признания, которого он заслуживает.

ЛИТЕРАТУРА

Практически все работы О. Хевисайда изданы в двух книгах: Heaviside O. Electrical Papers, vol. 1, 2. London: MacMillan, 1892.

(Труды по электричеству).

Heaviside O. Electromagnetic Theory. London: The Electrician, vol. 1—1893, vol. 2—1899, vol. 3—1912.

(Электромагнитная теория).

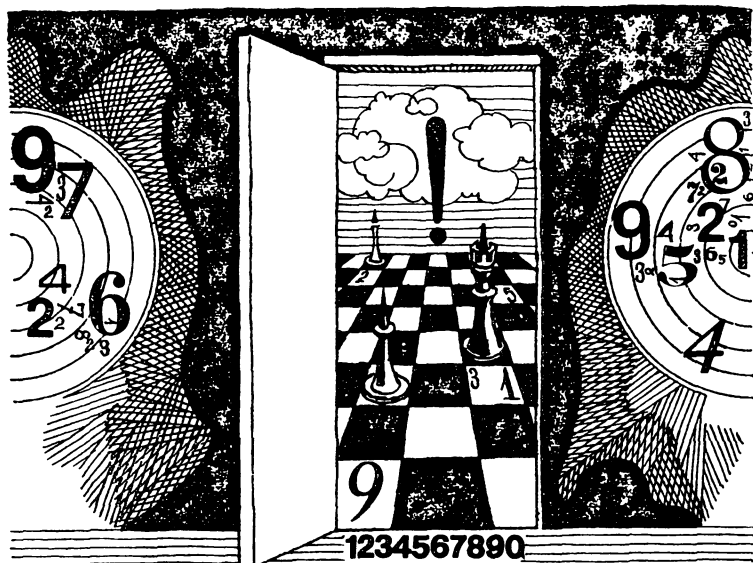
Имеются две биографии О. Хевисайда:

Appleyard R. Pioneers of Electrical Communication. London: MacMillan, 1930. pp. 211—260.

Lee G. O. Heaviside and the Mathematical Theory of Electrical Communications. London: Longman, Green, 1947.

К столетию со дня рождения О. Хевисайда был выпущен сборник:

The Heaviside Centenary Volume. London: I. E. E., 1950.



Д. Б. БОГОЯВЛЕНСКАЯ,
кандидат психологических наук

ОТВЕТ АДАМАРУ

Среди исследований математического творчества наиболее популярными до сегодняшнего дня остаются работы самих математиков. Классическими стали работы Пуанкаре, Пойя, Адамара. Эти работы, хоть и написаны математиками, вошли в каталог по психологии творчества благодаря остроте наблюдений и глубине осмысления описанных в них феноменов. Особый интерес для нас представляет исследование Адамара. Этот интерес вызван не только богатым эмпирическим материалом, но и тем анализом, который был проведен автором на основе высказываний и наблюдений крупных ученых и который отражает систему психологических знаний середины столетия. Это позволило Адамару сформулировать ряд узловых проблем, ответ на которые психология творчества до сих пор не давала. К числу таких вопросов относится сформулированная Жаком Адамаром проблема «Почему одни ученые, решая проблемы, проходят

мимо открытий, оставляя их более счастливым и вдумчивым?»

То, что эта проблема не была решена, вполне закономерно, так как направления, по которым шло развитие теории творчества, не могли привести к ее решению.

Психология творчества искала и ищет ответ об уровнях и типах творчества в уровне умственных способностей. Но Адамар метко замечает, что и «великим» свойственно не замечать очевидных следствий своих собственных выводов. Над тем, что, казалось бы, очевидно, но, как правило, не воспринимается или представляется не относящимся к делу, постоянно билась человеческая мысль. Попытки найти механизмы, понять природу такого ряда явлений мы находим еще у древних греков. Именно они ввели впервые понятие «поризм», обозначавшее новую идею как непредвиденное следствие, промежуточный результат, возникший вне связи с целью данной познавательной деятельности. Даже самому субъекту познавательной деятельности эта идея представляется полной неожиданностью. «Непредвиденность», «непредсказуемость» делают эту идею открытием, одновременно придают ей ореол мистической иррациональности. То, что древние называли «поризмом», на Востоке получило обличье легенды о принцах Серендипа, обладавших способностью обнаруживать нечто ценное случайно.

Не только древние, но и современная наука накопила столь мощный арсенал фактов подобного рода, что Адамар оценивает совет психолога Сурье, «чтобы изобретать, надо думать около», как удивительно точное и адекватное выражение сути дела. Однако метод проблемных ситуаций, с помощью которого психология творчества изучает механизмы и закономерности творчества, не в состоянии вывести на исследование мышление за пределами решения поставленных проблем. Область «около» для этого метода недоступна. Таким образом, данный метод оставляет высшие формы творчества за стенами экспериментальных лабораторий на произвол умозрительным теориям. Отсюда становится понятной популярность различного рода теорий «бокового мышления» и т. д. Так, в ставшей популярной книге английского психолога де Боно способность «думать около» названа буквально «боковым» («латеральным») мышлением,

которое противопоставляется автором нетворческому «вертикальному» мышлению, т. е. логически направленному мыслительному анализу. Рецепт де Боно: развивать «боковое» (нелогическое!) мышление, которое и обеспечит получение нового оригинального продукта (открытия, изобретения и т. п.).

Другой подход к исследованию творчества — изучение мотивации творчества шло по пути разного рода классификаций (в основе которых чаще всего лежат опять же характеристики интеллекта) или чисто эмпирического описания черт творческой личности. Неудач психологии творчества на этом пути привел к другой крайней тенденции. Тенденция эта была выражена президентом XVII Международного психологического конгресса Э. Борингом: «История науки стала бы более научной, если бы могла избавиться от культа личности». Такое заявление не случайно.

Борьба с «культом личности» в науке имеет под собой определенную почву. Роль субъекта (**гения**) научного творчества всегда представлялась несколько мистической. Дар первооткрывателя казался людям логически необъяснимым. Поэтому призыв «долгой гениев из науки» можно трактовать как «долгой мистику из научного творчества», тем более что с ростом психолого-диагностических исследований творческой одаренности в западной психологии возродился тезис: «Гений — это безумство».

Так, американский тестолог Кронбах связывает проявление одаренности (креативности) с плохой регуляцией мыслительных процессов, неумением владеть качественным «просеиванием» идей и некоторыми другими патологическими чертами личности. Ему вторит Домино, исследовавший раннюю одаренность и доказавший с помощью личностных тестов прямую ее зависимость от значительных психических отклонений у родителей. Вряд ли есть необходимость доказывать по меньшей мере казуистичность такого рода «научной» аргументации патологических основ «креативности». Вместе с тем сама одаренность мыслится чисто механически, как простая возможность получения **большого числа** идей. При этом авторы открыто апеллируют к здравому смыслу, утверждая, что с увеличением числа идей возрастает вероятность появления продуктивной идеи.

Существует и другой подход — скрыто нигилистиче-

ский к вопросу о роли субъекта научного творчества. Он заключается в отрицании самой проблемы постановки новой научной проблемы и утверждения фатальной неизбежности любого научного открытия. Этот подход возвращает решение этой проблемы на позиции Гальтона, который еще в прошлом веке сформулировал тезис о «ситуации спелого яблока». «Когда яблоки созрели, они готовы упасть», — писал он.

Гальтоновские «спелые яблоки» положили начало тенденции к абсолютизации роли внешних условий научного творчества. Научные открытия, новые научные теории, изобретения стали трактоваться как фатальная неизбежность. Раз открытие «носится в воздухе», значит, оно будет сделано независимо от воли того, кто занимается данным исследованием. В доказательство этого приводят факты одновременного открытия законов природы, изобретения технических устройств и т. п. разными людьми и в разных странах.

Д. Прайс, например, подсчитал, что только 58 % открытий бывает уникальными, а некоторые науковеды утверждают, что одновременные открытия в истории науки представляют собой скорее правило, чем исключение. Что может быть убедительнее, скажем, свидетельства великого Кельвина, который признался, что по меньшей мере 32 его открытия были сделаны и другими учеными, в числе которых были Кавендиш и Гельмгольц. Действительно, фактов подобного рода множество. Завороженные ими некоторые исследователи научного творчества доводят тезис внешней обусловленности до того, что выплескивают «дителя» (ученого) из науковедческой «ванны», оставляя на его долю в лучшем случае роль некоего исполнительного органа, реализующего анонимно созревшие идеи, теории и т. д.

При отсутствии подлинно научного представления о природе реального процесса творчества делаются попытки подменить психологическую проблему роли личности ученого в науке проблемой организации научных коллективов.

Конечно же, оценочные суждения, системы коммуникаций в науке и организация научной деятельности — все эти, казалось бы, внешние по отношению к процессу творчества факторы на самом деле не безразличны для психологического содержания творческого процесса. Но это не дает основания для того, чтобы предмет

психологии научного творчества («психологии открытий») был растворен в более широкой междисциплинарной отрасли — «психологии науки», становление которой происходит в рамках логико-исторических исследований науки и социально-психологических разработок деятельности научных коллективов. Но при этом психология научного творчества оказывается фактически если не растворенной, то оттесненной на задний план науки, несмотря на декларирование науковедением важности анализа трех главных сторон научной деятельности — логической, социальной и психологической. Такая дискриминация объясняется сложностью интегрирования всех трех сторон в реальном исследовании. Факт усиления роли коллективного творчества нашел отражение в усиленно рекламируемой форме «группового думания» (или «интерперсонального мышления»), будто когда-нибудь индивидуальное мышление не было общением ученого с коллегами, современными ему или жившими ранее, но материализовавшими свои мысли.

Этот модный ныне тезис о «групповом думании», выступающий внешне как противоположный лозунг «дойлой гениев из науки», выражает, хотя и в завуалированной форме, общую для них обоих тенденцию к деперсонализации науки и к количественному измерению (времени или числа участников).

Неразвитость теории о научном творчестве оборачивается экстенсивным путем развития науки.

О наличии экстенсивной тенденции и за рубежом и в нашей стране свидетельствует статистика: в промышленно развитых капиталистических странах число научных работников удваивается каждые 10—15 лет; в СССР только в 1961—1966 гг., т. е. за шесть лет, число научных работников увеличилось более чем вдвое! Некоторые советские исследователи отмечают, что если эта тенденция сохранится, то через какие-нибудь полтора столетия все население земного шара будет профессионально занято в науке, и справедливо считают такое предположение абсурдным. Экстенсивный путь развития невыгоден обществу. Но однако интенсивный путь ее развития может обеспечить лишь повышение творческого потенциала каждого ученого.

Акцент на значении исследования индивидуального творчества ни в коей мере не снимает и не умаляет значение аспекта общения при рассмотрении проблемы

творческой личности. Только ограниченность методов нашего исследования деятельности человека приводит к констатации его взаимодействия с предметом деятельности в форме лишь субъектно-объектных схем.

Любая деятельность человека осуществляется с помощью действий, в свою очередь состоящих из операций: набор операций определяется тем, **как** надо действовать. Действие определяется тем, **что** надо делать, а сама деятельность тем, **зачем** надо что-то делать. Первые два структурных элемента деятельности определены объектом, на который направлено действие человека. Но сама деятельность, ее мотив («зачем») не лежат в самом объекте, а определены всеми смысловыми связями, типом общения с миром людей, оценкой себя и своего места среди них. Таким образом, деятельность всегда носит субъект-субъектный характер. Отношение к людям осуществляется через мое действие с предметом.

Служа человечеству, я бескорыстно служу и самому делу. Если же то, что я делаю, лишь средство для достижения каких-то иных целей, сам процесс моего труда деформируется.

Марксистская концепция творчества исходит из признания необходимости активности субъекта при теоретическом воспроизведении действительности. В науке, как форме духовного производства, личные качества ученого, его профессиональная компетентность, глубина мышления, а также его моральный облик играют существенную роль, воздействуя на ее ход и результаты. В письме к Л. Кугельману от 17 апреля 1871 г. Маркс писал: «...история носила бы очень мистический характер, если бы «случайности» не играли никакой роли. Эти «случайности» входят, конечно, и сами составной частью в общий ход развития, уравниваясь другими «случайностями». Но ускорение и замедление в сильной степени зависят от этих «случайностей», среди которых фигурирует также и такой «случай», как характер людей...» [2].

Несмотря на очевидность этих положений, тенденция к деперсонификации обнаруживает себя при рассмотрении сложнейших теоретических вопросов, таких, как, например, постановка новой проблемы. Об этом феномене в науковедческих работах говорилось как-то вскользь, а в психологических исследованиях о нем вообще не упоминалось. Это и понятно: для его экспери-

ментального исследования не было адекватного метода (нельзя же всерьез принимать тесты на «чувствительность к проблемам», которые, по признанию самих западных тестологов, «улавливают» лишь некоторые поверхностные ассоциативные связи). Науковедческие же исследования постановки новой проблемы и ее соотношения с созданием новой теории носили часто умозрительный, иногда даже софистический характер.

Если рассматривать историю и логику развития науки действительно с диалектико-материалистических позиций, то можно определить место субъекта в этом процессе, легко понять, почему так часто мысль его опережает в постановке новых проблем и открытиях реальные потребности общественного производства и те **очередные** задачи, которые, по словам К. Маркса, «человечество ставит лишь тогда, когда материальные условия их решения уже имеются». Это опережение своего времени, так сказать несвоевременность тех или иных новых проблем и открытий, как раз и является тем ярким проявлением субъективного момента развития научной мысли, который нельзя игнорировать. По этому поводу хорошо сказал академик В. И. Вернадский: «Из истории науки мы знаем много примеров, когда только через несколько поколений вновь находилось то, что было в свое время открыто, но не опубликовано отдельной выдающейся личностью. Вполне возможно и мыслимо, что многое осталось и совсем не открытым человечеством из-за безвременной гибели тех, мысль которых могла бы этого достигнуть» [6].

Таким образом, мы не можем полагаться на историческую неизбежность открытий и возникновения новых теорий, на то, что простое увеличение числа научных сотрудников обязательно обеспечит открытие этих теорий.

Слова В. И. Вернадского знаменательны и в другом отношении. Он сумел сформулировать проблему роли человека в науке, поставив ее (проблему) с «головы» на «**ноги**», перевернув двучлен «наука—ученый», выдвинув на первое место человека труда как явление уникальное и часто неповторимое. Эта проблема выступает ныне как важнейшая составная часть проблемы века — проблемы формирования всесторонне развитой творческой личности, сохраняющей свою уникальность именно в силу возможности своего универсального проявления в деятельности. Нельзя не согласиться с мнением неко-

торых советских авторов, считающих, что возрастание роли проблемы творчества следует связывать не собственно с НТР, а с реальными задачами строительства коммунизма. «Проблема творчества в ее подлинно всеобщем содержании есть специфическая проблема коммунистического переустройства мира... В наше время она обнаруживает свой глубокий смысл — действительное отношение к человеческой сущности и ее развитию в ходе истории». Когда говорят о возрастающей роли науки в жизни общества в «век НТР», часто упускают из виду это стратегическое направление коммунистического строительства, призванного обеспечить «свободное всестороннее развитие всех членов общества».

То, что сила и направление действия ума детерминировано личностью, было очевидно многим мыслителям. Вспомним аристотелевский треугольник, объединяющий истину с добром и красотой. В этом же ключе движется мысль Выготского, формулирующего положение об единстве аффекта и интеллекта, и совсем по-Андреевски мрачно звучит: «Разум — это, возможно, лишь замаскированная старая ведьма — совесть».

Чем же объяснить, что при всей своей актуальности и значительности роль личности в творчестве не была решена? Решение этой проблемы не было найдено ни на пути исследования интеллекта, ни на пути исследования личности, хотя очевидно, что творчество является дериватом того и другого. Таким образом, нерешенность данной проблемы заставляет осознать ее как проблему методологическую. Марксистская же методология учит, что для адекватного исследования объекта необходимо выделение его клеточек, единицы его анализа. Пока мы исследуем низшие, неразвитые формы творчества, мы можем обходиться частичным описанием явления, описанием одной из его сторон. Но исследования развитых форм требуют и одновременно позволяют выделить, вычленив его клеточку.

Во втором номере данного выпуска нами подробно изложена гипотеза об единице исследования творчества, в качестве которой мы рассматриваем интеллектуальную активность как способность человека выходить за пределы требований заданной ситуации. Такое представление о творчестве и создание адекватного метода его исследования (метода «креативного поля» — см. «Число и мысль», № 2) позволили на основе одного критерия —

интеллектуальной активности выделить несколько типов творчества.

Выделенные нами типы творчества соответствуют качественным уровням интеллектуальной активности. Отсутствие интеллектуальной активности, работа по внешнему стимулу характеризуют уровень стимульно-продуктивный. Наличие интеллектуальной активности определяет высшие уровни творчества — уровни эвристический и креативный.

Экспериментальное исследование творчества проводилось нами на большой выборке ученых, ядром которой были специалисты из области точных наук: математики, физики и т. д. К эксперименту привлекались как целые научные коллективы (нами было обследовано в полном составе несколько лабораторий НИИ АН СССР), так и отдельные специалисты, отбор которых производился не только по профессиональному признаку, но по степени заинтересованности, увлеченности своим делом, а также учитывалось их желание участвовать в экспериментах. Это связано с тем, что у читателя закономерно может возникнуть вопрос: а не будет ли наш испытуемый работать в референтной для него, лично значимой деятельности значительно лучше, чем в абстрактной ситуации нашего эксперимента, где предлагаемая деятельность может ему быть просто неинтересной? Тогда как в профессиональной деятельности, вызывающей живой интерес, он может проявить свои истинные творческие возможности.

Поэтому мы проводили эксперимент с нашими испытуемыми по двум методикам «креативного поля», одна из которых построена на специальном чисто математическом материале (это определило отбор именно математиков). Одновременно сопоставление данных интеллектуальной активности по двум методикам обеспечивало надежность наших результатов ($r=0,83$) и повышало их прогностическую возможность.

Начиная анализ группы ученых, проявивших в эксперименте стимульно-продуктивный уровень интеллектуальной активности, оговоримся, что не включаем в рассмотрение людей с заведомо низкими способностями и профессиональными данными. Нас больше интересовали испытуемые с высоким уровнем развития способностей и высокой квалификацией — кандидаты и доктора наук, занимающие преимущественно высокие руководящие

посты (старшие научные сотрудники, заведующие лабораториями и т. п.).

Испытуемых в рассматриваемой группе отличает исключительно добросовестная работа; для них нет «трудных задач», но для них очень значимы «неудачи»; так, испытуемый А. Б. попытался применить в решении простейшую частную эвристику, допустил ошибку и уже на протяжении всей последующей работы в эксперименте не проявлял никакой познавательной инициативы (вдруг опять ошибется).

На первом этапе эксперимента, пока идет освоение новой деятельности, уровни не дифференцируются. Различие начинает проявляться по мере того, как исчерпывает себя стимульная деятельность, в которой возможные познавательные мотивы испытуемого скрыты за мотивами, внешними к познавательной деятельности. Для каждого испытуемого момент исчерпывания первоначальной деятельности сугубо индивидуален. Но как раз с этого момента испытуемые расходятся в своей деятельности в соответствии с индивидуальным уровнем ИНА: одни продолжают осуществлять заданную деятельность (т. е. решают предлагаемые задачи по первоначально установленному алгоритму); эта **экстенсивная** умственная деятельность достаточно нова, успешна и поэтому эмоционально приятна. Другие начинают осуществлять деятельность по самоутверждению; этот мотив четко выступает в их стремлении работать «лучше» других как по скорости, так и качеству (безошибочность, красота) выполняемых умственных действий. Третьи же, овладев заданной деятельностью, не свертывают свой анализ получаемых результатов, а создают для него, сознательно или несознательно, новое поле приложения и продолжают познавательную деятельность. Вот эти третьи испытывают свои собственные «маленькие» радости — радость «спонтанного» открытия, которая, впрочем, не исключает и естественной радости от успешного выполнения самого задания.

Они хорошо справляются с работой, но им любопытно посмотреть на нее, так сказать, со стороны, как бы подняться над ситуацией: задачи, которые дает экспериментатор, смещаются по полю, а что будет, если следующая будет вот в этом квадрате? Каковы закономерности перемещения? Будут ли эти закономерности проявляться во всех случаях (во всех задачах) и отчего

это зависит? Иными словами, испытываемый задумывается над тем, какова связь между отдельными задачами. Он может даже не просить разрешения посмотреть, «какая картина получается в целом», не формулировать четко свою цель — сопоставить отдельные задачи и решения, но он будет сопоставлять то, что не требовалось сопоставлять, делать, казалось бы неосознанно, то, что не вытекало из необходимости решения очередной конкретной задачи, а было как бы «рядом» с ней (используя терминологию Сурье). Здесь мы имеем дело с тем явлением, которое одни называют принципом «думать около», другие — пресловутой способностью к «дивергентному мышлению». Однако при ближайшем рассмотрении эти термины оказываются лишь поверхностным абрисом того интеллектуально-мотивационного свойства личности, которое выражается в «спокойной» познавательной инициативе, поступательном сравнительном анализе всех элементов ситуации. Хотя мы и обозначаем символически данный уровень Ина греческим словом «эврика!» — «нашел!», но это не случайный продукт хаотического сцепления идей, не результат действия «бокового» мышления. «Думать около» на деле означает «думать вглубь»!

Не преодоление трудности, как в сложных задачах, а открытие **новой**, неожиданной закономерности — вот награда «эвриста», испытывающего эстетическое наслаждение и радость от осуществления своего собственного подхода к заданной деятельности. На этом уровне Ина в нашей выборке находится большинство одаренных учеников, студентов и ученых.

При всей значительности того скачка, которым знаменуется выход на эвристический уровень, надо четко представить себе **качественную отграниченность** этого уровня Ина. Характерным для него является вера в правильность найденной закономерности, вера, подкрепляемая подчас все новыми и новыми экспериментами и питаемая, таким образом, одной лишь повторяемостью, воспроизводимостью факта, явления, закономерности. Сравнительный анализ, как уже отмечалось, для эвристов — главный инструмент познания. Поэтому оно носит чисто эмпирический характер. Логика мышления эмпирика-эвриста: «Это так, потому что это так». Эмпиризм мышления задает жесткий потолок познавательному про-

цессу, и ученый-эврист мало чем отличается от эвриста любой другой профессии.

Ученый-эврист — это воплощенная наблюдательность, помноженная на широкую любознательность, но деленная на эмпирический стиль мышления. Таким стилем отличались многие ученые, открытия которых вошли в историю науки. Непосредственное наблюдение и активное сопоставление фактов (в том числе полученных экспериментальным путем) позволило, например, Бойлю открыть закон обратной пропорциональности объема и давления в газах; Анри Беккерелю — явление радиоактивности; Рентгену — проникающее электромагнитное излучение (х-лучи), названное его именем. Работы по теории этих явлений принадлежат другим ученым.

Значение именно этого типа открытий отмечает академик Б. М. Кедров: «... В развитии науки, особенно современной, неизмеримо большую роль по сравнению с эмпирическими играют открытия теоретические. Именно они приводят к ломке старых воззрений в науке и выработке новых воззрений, к общему научному движению вперед» (7, 27—28).

В эксперименте теоретический стиль мышления был выявлен и у маститых ученых, и у школьников старших классов (причем в спецшколах не только теоретического физико-математического уклона). Эти люди с самым высоким уровнем ИнА, который, напомним, обозначен нами как креативный. В ходе эксперимента они обнаруживают принципиально иное отношение к эмпирически обнаруженной закономерности или факту.

Для такого испытуемого обнаруженная им эмпирически закономерность сразу становится проблемой. Типичной для этой группы испытуемых является просьба позволить подумать над «мистикой» факта. «Нормальный» репродуктивный мыслительный процесс в данном случае не просто нарушается введением нового приема, как на эвристическом уровне, а **прерывается**: деятельность, предложенная ему в эксперименте, прекращается. Испытуемые нередко просят больше не давать им задач — перед ними теперь (по их убеждению) стоит их собственная проблема. **Решение ее для них более важно, чем достижение успеха в эксперименте.**

Креативный уровень выступает как механизм явления, который воспринимается со стороны как спонтанная постановка проблем. Нами было показано, что на

первой стадии процесс мышления детерминирован принятой задачей. Его самодвижение, его судьба зависят от жизненных установок личности. Если для ученого важен лишь факт достижения результата, то процесс мышления обрывается сразу, как только решена задача. Если важен сам процесс познания, если оно само есть цель, то процесс не обрывается, он развивается.

Разведение этих деятельностей не следует понимать как противопоставление деятельности, направленной на получение положительного, социально значимого результата,— деятельности бесцельной. Это не противопоставление деятельности, преследующей результат, конкретную цель, деятельности нерезультативной. Само по себе определение заданного позволяет получить требуемый результат, но не обеспечивает творческого характера деятельности. При ориентации на процесс установка на получение лишь только результата снимается в поступательном развитии деятельности. Именно гармоническое сочетание дисциплинированности и исполнительности с инициативностью обеспечивает творческий характер труда, его подлинную целеустремленность.

Указанное противоречие (ориентация на результат или на процесс) является исходным противоречием развития любой деятельности. Мы указали на самые решающие факторы: мотивационные, мировоззренческие, определяющие тот или иной тип ориентации. Но набор этих факторов гораздо шире и сложнее. Представление о некоторых из них дает нам анализ реальной деятельности наших испытуемых.

Так, испытуемый В. К.— известный историк, человек живого ума и широкой эрудиции, глубокий исследователь и прекрасный остроумный популяризатор — вышел на эвристический уровень как-то с трудом, словно разрывая какие-то внутренние пути. Это не было проявлением страха неуспеха, который у многих тормозит проявление интеллектуальной активности, не было проявлением тенденции к самоутверждению. Причина была в другом — вышколенность в смысле скрупулезного, педантичного, осторожного отношения к фактам (кстати, такое отношение питает и позицию Б. Ж. в радиодиспуте с Ляпсусом — небрежным графоманом от истории государства Российского). Такая приверженность к отдельно взятым фактам порой может сыграть с исследователем злую шутку, когда открывается объективная возмож-

ность перейти на новую логику исследования. Вот как описывает подобную критическую ситуацию сам Б. Ж. в беседе с экспериментатором:

«В свое время (в 1911 г.) историк Л. М. Сухотин опубликовал документы, показывающие, что в конце XVI — начале XVII вв. ряд ярославских князей просили вернуть им их вотчины, утраченные в связи с опричниной. Установив, что вотчины у ярославских князей были отписаны в 1565 г., другой исследователь — П. А. Садиков пришел к выводу, что Ярославский уезд был взят в опричнину в 1565 г. Изучив ряд документов, мне удалось прийти к выводу, что около 1567—1568 г. уезд явно еще не входил в опричнину, а вотчины у ярославских князей были отписаны не потому, что уезд вошел в состав опричных территорий, а лишь потому, что на князей была наложена опала. Казалось, сам собою напрашивался вывод, что данных о том, что уезд входил в опричнину нет. Ведь единственное основание, на котором уезд считали опричным, состояло в том, что там были конфискованы земли князей. Но сила историографической традиции оказалась настолько сильна, что в своей заметке на эту тему я лишь доказывал, что уезд вошел в опричнину не в 1565 г., а позже, считая само собой разумеющимся, что он входил в состав опричнины. Позже в работе А. А. Зимина «Опричнина Ивана Грозного» эта поправка была сделана, и мне было несколько досадно на себя за проявленный консерватизм».

Столь же осторожно выходил на эвристический уровень испытуемый Н. Л. — профессор, доктор физических наук, лауреат Ленинской премии (за успешное внедрение собственных открытий в практику), человек в высшей степени способный, но внутренне скованный приверженностью к надежности. Н. Л. — математик, и такую приверженность легко понять. Вместе с тем педантизм может существенно ограничивать продуктивность поступательного анализа, мешая усмотреть за частным фактом более значимый общий.

* * *

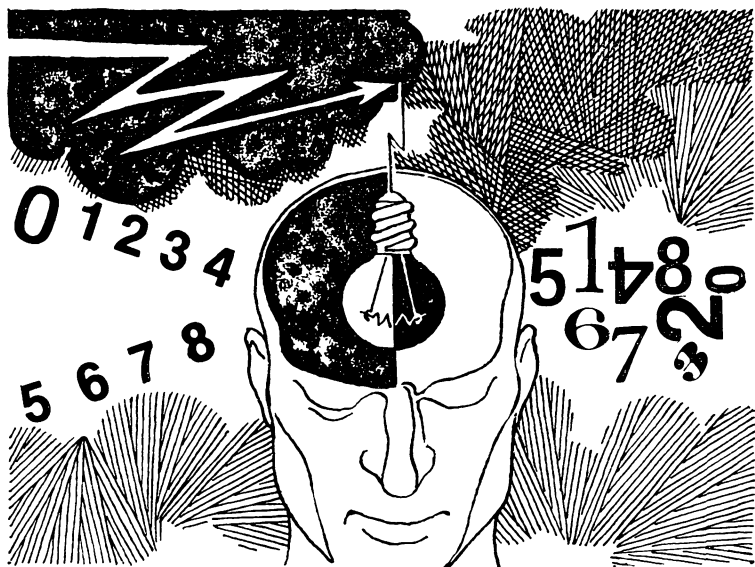
Вопрос, поставленный Ж. Адамаром, — это, по существу, вопрос о видах творчества и роли уровней интеллектуальной активности ученых. Мы познакомили читателя с концепцией, на основе которой пытаемся дать

ответ на этот извечный и, казалось бы, безнадежный вопрос.

Думается, что теперь читателю не покажется случайностью, например, то, что физиолог Брюкке искал и нашел средство для освещения глазного дна, но он не пошел далее этого найденного решения. И то, что это сделал Гельмгольц при подготовке доклада по материалам Брюкке, не является чудом, а просто проявлением креативного уровня интеллектуальной активности; напротив, крупнейший чешский химик Браунер, сподвижник Менделеева, в результате титанического труда пришел к выводу, что «дидим» есть смесь двух тел. Ему удалось разделить дидим на несколько фракций и определить их атомные веса. На этом Браунер остановился, не идентифицируя эти фракции как новые элементы. В результате честь окончательного разделения дидима на два элемента оказалась за немецким химиком А. фон Вельсбахом. Этот факт оказался не единичным в творчестве Браунера. Так, занимаясь определением атомных весов церия и получив его соединения, Браунеру удалось фактически впервые получить свободный фтор. Однако, поскольку это не имело прямого отношения к его задачам, он не стал доказывать его элементарную природу и еще раз таким образом прошел мимо возможного открытия, которое было бы возможно лишь при наличии креативного уровня интеллектуальной активности. Стимульно-продуктивный уровень интеллектуальной активности, характеризующий тип творчества Браунера, позволял ему быть незаменимым сподвижником Менделеева по доказательству его теории, но не «пускал» на, казалось бы, очевидные выводы из проделанной работы, которые находились за пределами непосредственно решаемых задач.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс К., Энгельс Ф. Собр. соч. т. 16.
2. Маркс К., Энгельс Ф. Собр. соч. т. 33.
3. Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 39.
4. Адамар Ж. Исследование психологии процесса изобретения в области математики. М., 1970.
5. Боно де Э. Рождение новой идеи. М., 1976.
6. Вернадский В. И. Очерки по истории естествознания в России. М., 1960 г.
7. Кедров Б. М. О теории научного открытия.— В кн. Научное творчество. М., Наука, 1969, с. 27—28.
8. Ломов Б. Ф. Личность в системе общественных отношений.— Психологический журнал, 1981, 2, № 1.



Г. Е. ЖУРАВЛЕВ,
кандидат психологических наук

ОБУЧЕНИЕ ТВОРЧЕСТВУ

В условиях прогресса науки и техники возрастают требования к оптимальному использованию творческих возможностей отдельного человека и общества в целом. Партия и государство поставили практическую задачу творческого обогащения труда. Эта задача зафиксирована и в принятом на XXVI съезде КПСС программном документе «Основные направления экономического и социального развития...», где четко сказано о необходимости «... обеспечить широкие возможности для высокопроизводительной и творческой работы...»⁶⁶.

Обращает на себя внимание тесная связь между представлениями о высокоэффективном и творческом труде. Действительно, труд станет высокопроизводительным в том случае, когда трудящийся будет целиком отдавать себя порученному делу; такое отношение к труду можно обеспечить, когда трудящийся будет относиться

⁶⁶ Материалы XXVI съезда КПСС. М., 1981, с. 136.

к работе с любовью, будет вносить личный вклад в постановку производственных заданий, будет принимать непосредственное участие в управлении производственными процессами. Иными словами, человек будет трудиться эффективно тогда и только тогда, когда он будет трудиться творчески. В этом нас убеждают многочисленные примеры труда передовиков, новаторов производства. Прекрасные примеры высокоэффективного, творческого труда с полной отдачей сил и энергии дают нам советские ученые Н. И. Вавилов, С. П. Королев, И. В. Курчатов и многие другие.

Поставленная партией и правительством задача творческого обогащения труда требует от нас по-новому подойти к самой идее творчества, которое должно стать открытой возможностью для каждого, а не исключительной привилегией немногих избранных, которым свыше дарован «творческий дух».

Значительная нагрузка в распространении творческого труда ложится на систему высшего образования. Для вуза эта задача имеет три аспекта:

во-первых, обучение можно считать одной из форм трудового процесса, и если удастся обучение сделать творческим, то это приведет к повышению качества обучения и в конечном счете к повышению качества труда будущих выпускников;

во-вторых, перед вузом может быть поставлена задача подготовки к будущему творческому труду, иными словами, задача обучения творчеству;

наконец, в вузе студент должен быть подготовлен к тому, чтобы стать организатором производства, руководителем производственных, инженерно-технических и научных коллективов, и он должен уметь создавать условия для творческого труда своих подчиненных, формировать у них творческое отношение к труду и тем самым добиваться повышения эффективности и качества труда на доверенном участке (цех, завод, отрасль, институт и т. п.).

Разумеется, задача обучения творчеству ставит перед системой высшего образования сложные междисциплинарные проблемы, решение которых возможно только при объединении усилий дидактов-предметников, педагогов, психологов, физиологов, передовых творческих ученых и инженеров. Вклад психологов в решение этой актуальной практической задачи состоит в том, чтобы

выяснить психологические механизмы творческих процессов (у индивида и в группе), возможности и способы формирования механизмов творчества, создать средства контроля и анализа уровня развития механизмов творчества.

Решение вопросов обучения творчеству позволит поднять нашу систему образования на принципиально новый, качественно более высокий уровень. Среди задач, которые стоят перед психологической службой высшей школы (2, 8), должна подобающее место занять проблема обучения творчеству.

О необходимости творческого воспитания молодежи говорили многие выдающиеся ученые. Так, П. Л. Капица в статье «Некоторые принципы творческого воспитания и образования современной молодежи» отмечал: «...Задача, поставленная перед образованием, заключается не только в том, чтобы давать человеку всесторонние знания..., но и развивать в нем самостоятельность мышления, необходимую для развития творческого восприятия окружающего мира». Он подчеркивал, что необходимо изменить систему преподавания, «чтобы это не было только заучиванием фактических материалов и запоминанием законов природы, но воспитывало бы у молодежи творческие способности» [9, с. 22].

Х. Кребс, получивший Нобелевскую премию за изучение процессов трансформации энергии в живых организмах, также подчеркивал необходимость обучения творчеству [32]. Он вспоминал, что его формирование как творческой личности явилось результатом усилий старшего коллеги и наставника Варбурга, который учил Кребса ставить правильные вопросы, находить средства, адекватные решаемой задаче, развивал у молодого исследователя критицизм, самоанализ, умение четко формулировать идеи. Х. Кребс говорил: «История науки вновь и вновь подтверждает, что многие выдающиеся ученые имели весьма выдающихся учителей... Но, разумеется, не всякий может воспринять все от великого учителя, так что вполне справедливо, что творчеству можно научить только до определенной степени» [32, с. 93].

В психологических исследованиях творческого процесса можно выделить три основных аспекта: интеллектуальные (мыслительные) механизмы творчества, мотивационно-личностные регуляторы творческого процесса

и условия творчества (интеллектуальная среда, организация, социальные отношения к творцу и его продукту). В настоящей работе мы рассмотрим психологические проблемы обучения творчеству в первом аспекте, затрагивающем механизмы творческого мышления. Будет предпринята попытка кратко обобщить основные достижения в области психологии творчества, будет показано различие процессов обучения, направленных на усвоение знаний и процессов обучения творчеству как способу создания нового. Будут приведены известные данные об отдельных попытках обучения творчеству и их результатах. Все это должно помочь в разработке рекомендаций для дальнейших практических мероприятий и исследований психологов в деле решения актуальной задачи обучения творчеству.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ТВОРЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Проблемы творчества издавна привлекают исследователей. Многие ученые, стремясь понять процесс, приведший их к изобретению или открытию, оставляли дневниковые записи, даже публиковали специальные работы, посвященные анализу (точнее, самоанализу) механизмов творчества. До сих пор одной из наиболее глубоких работ по психологии творчества остается статья А. Пуанкаре [19], где он подчеркивал, что для творческой работы в математике необходимо обладать интуитивным чувством математического порядка, которое позволяет угадывать гармонию и скрытые отношения. А. Пуанкаре называл интуицию «бессознательной машиной», которая «умеет угадывать лучше, чем ...сознание». Описывая собственные впечатления от процессов творчества, А. Пуанкаре говорил: «Кажется, что в этих случаях присутствуешь при своей собственной бессознательной работе... При этом начинаешь смутно различать два механизма или, если угодно, два метода работы этих двух «я» (сознательного и бессознательного)».

В настоящее время еще не сложилось единого понимания творческого процесса. В упоминавшейся выше статье П. Л. Капица дает следующее описание: «Воспитание творческих способностей в человеке основывается на развитии самостоятельного мышления. На мой взгляд, оно может развиваться в следующих основных направ-

лениях: умение научно обобщать — индукция, умение применять теоретические выводы для предсказания течения процессов на практике — дедукция; и, наконец, выявление противоречий между теоретическими обобщениями и процессами, происходящими в природе, — диалектика» [9, с. 22].

Нам представляется, что П. Л. Капица здесь отождествил творческое мышление с мышлением вообще. Творческое мышление во многих существенных моментах по своим психологическим процессам отличается от обыденного и логического мышления. Индукции и дедукции как логическим приемам обучают в любом курсе физики, тогда как диалектике как особой форме мышления студент не обучается при прохождении отдельных предметов, он только знакомится с нею в курсах общественных и философских наук. Совершенно не уделяется внимания воспитанию самостоятельности мышления.

Творчество начинается в тот момент, когда существующие логические методы решения задач оказываются недостаточными: либо решение натолкнулось на препятствие, либо результат не удовлетворил поставленным изначально требованиям, либо возникла новая задача, для которой недостаточно существующих средств, либо просто появляется перспектива нового решения, которое лучше прежнего [1, 6, 11, 15, 22, 26, 30, 35, 36].

Творчество проявляется как внезапное озарение, как неизвестно откуда взявшаяся ключевая идея, как усмотрение нового. В этой спонтанности, в отсутствии видимой сознательной регуляции творчество порой казалось божественным предначертанием. Здесь же обнаруживаются основные черты различия традиционного обучения и творчества.

Казалось бы, и в обучении и в творчестве человек приобретает новые знания. Один раз он это делает под руководством преподавателя, второй раз — самостоятельно. Но творческий акт происходит мгновенно, никакая новая информация в короткий миг творчества не поступает. И тем не менее каждый, кому приходилось испытывать счастливый миг творчества, сразу осознает, что произошло существенное изменение в понимании проблемы.

Ближе всего к акту творчества стоит понимание: вы идете по улице, задумались; неожиданно к вам обращаются с вопросом, вы слышите слова, но еще не

можете расстаться со своими мыслями; неожиданно вы понимаете, что прохожий показывает на ваш портфель, он вас предупреждает, что портфель не застегнут. Наклоняете голову: пряжка отскочила, книги торчат наружу, вы бормочете слова благодарности.

Недаром иногда говорят, что открыть закон — это **понять** язык природы.

Однако понимание в большинстве случаев осуществляется при внешнем воздействии: лектор разъясняет материал, чтобы вы поняли его, автор книги подробно описывает результаты эксперимента, чтобы вы уловили все подробности. Понимание содержит момент творчества, но он в нем завуалирован.

В психологической традиции творчество длительное время моделируется в экспериментальном решении задач на сообразительность, или, как их называют, творческих задач [7, 13, 14, 21]. Основная особенность этих задач состоит в том, что объекты решения выступают для субъекта в новом, непривычном качестве. Исследования показали, что предшествующий опыт человека, решающего задачу, может способствовать успеху, если известные ему свойства объектов аналогичны требуемым по условию задачи свойствам, или тормозить решение при несоответствии. В этих исследованиях удалось хорошо промоделировать феномен «барьера», но ответить на вопрос, каковы психологические механизмы, обеспечивающие преодоление барьера, не удавалось. Предложенные в качестве объяснения механизмы переноса, установки, дивергентного мышления выделяли лишь отдельные аспекты творческого процесса.

Экспериментальные исследования процессов решения творческих задач создали основу практического метода проблемного обучения, сущность которого состоит в подведении учащегося до барьера и создании у него потребности к преодолению возникшего барьера (14, с. 181 и сл.). Однако процесс преодоления барьера осуществляется с помощью преподавателя.

Чтобы понять принципиальную разницу психологических механизмов, включенных в осуществление процессов проблемного обучения, и психологических механизмов творчества, сравним данное Б. М. Кедровым [10] описание открытия периодического закона с процессом решения проблемной задачи. Мы воспользуемся протоколом психологического эксперимента, проведенного

А. В. Брушлинским [4], который наглядно демонстрирует, как осуществляется проблемное обучение, кстати, индивидуально и под руководством опытного преподавателя-экспериментатора. В соответствии с задачами настоящей статьи мы дадим собственную интерпретацию протокольным записям.

Испытуемому предлагается решить задачу: будет ли гореть свеча в космическом корабле на орбите? Испытуемый отвечает: нет, не будет, так как воск поднимается по фитилю и заливает пламя. Следовательно, испытуемый продумал модель процесса, которая создавала разницу между ситуациями на Земле и на орбите; эта модель удовлетворяла намерению экспериментатора (с точки зрения испытуемого: ведь если бы не было разницы, то не стали предлагать задачу), и испытуемый принял модель в качестве объяснения. Его не смущало то обстоятельство, что функция фитиля как раз и состоит в том, чтобы **поднять** расплавленный парафин над верхним торцом свечи.

Только после решения дополнительной задачи на конвективные процессы (батарея у окна) испытуемый спохватился и, возвратившись к первой задаче, решил ее правильно. А. В. Брушлинский называет такое решение медленным инсайтом, хотя нам представляется, что лучше было бы говорить о **наведенном** инсайте, возникающем как ответ на дополнительные наводящие вопросы экспериментатора, которые вынуждают испытуемого построить новую модель процесса горения свечи, проверить ее функционирование и только тогда убедиться, что она удовлетворяет внешним критериям решения: обеспечить сдвиг функций при переходе на орбиту.

В экспериментах А. В. Брушлинского были получены интересные результаты, раскрывающие структуру мыслительных процессов, их отличие от процессов логического вывода. Наиболее убедительно в этих экспериментах была показана невозможность обратной связи от искомого к процессу решения, что является существенным моментом подавляющего большинства творческих ситуаций. Если бы Менделеев знал, как должна выглядеть таблица элементов, то не было бы открытия.

В экспериментальных проблемных ситуациях сохраняются существенные различия от ситуаций творчества.

В учебном процессе, так же как и в описанном эксперименте А. В. Брушлинского, смена модели осуществля-

ется по указанию преподавателя, который дает направление перестройки. Здесь новое понимание создается под строго направленным контролем.

В творческом процессе нет преподавателя, дающего ценные указания, нет оснований для рефлексивных выводов о «намерениях» природы.

В экспериментах Д. Б. Богоявленской удалось устранить некоторые различия между ситуациями решения задачи и творчества, выделив ряд существенных черт творческой личности, но при этом стали менее отчетливы процессуальные аспекты мышления (3).

Чтобы в экспериментальной ситуации воссоздавать условия творчества, необходимо устранить все косвенные признаки, помогающие ориентироваться в выборе способа решения.

Длительные исследования Я. А. Пономарева (16, 17) позволили раскрыть некоторые условия, способствующие творческому мышлению. В качестве психологических характеристик мышления, облегчающих решение задач на сообразительность, Я. А. Пономарев выделил следующие: степень развития способности к произвольному представлению, степень осознанности действий, объем мысленных действий и возможность совмещения нескольких деятельностей [17, с. 179]. Обобщенно это было названо способностью действовать во внутреннем плане, которая, как показал Пономарев, четко коррелирует с успешностью решения творческих задач.

Высшей формой мыслительной регуляции деятельности является речевая и логическая, но вместе с тем значительная часть мыслительного опыта человека остается вне сферы вербально-логической регуляции и заключена в неосознаваемом, интуитивном опыте. Именно этот опыт и проявляется порой в виде неожиданной под-сказки.

Эксперименты Пономарева показали, что интуитивный опыт («побочный продукт») очень нестоек, он легко может быть подавлен сознательным намерением, быстро забывается и вытесняется.

Специфические особенности интуитивного опыта таковы: он не приспособлен к значительным обобщениям и реализуется «лишь при минимальных сдвигах в сенсорной основе» [17, с. 203], «действие и объект оказываются слитыми воедино» [17, с. 204], не поддается сознательной организации и логическому обоснованию,

единственной обратной связью, свидетельствующей о правильности интуитивных решений, являются эмоциональные ощущения. «Оrientировка в ситуации средствами интуитивного мышления» не дает испытуемому какой-либо уверенности в успехе решения.

Включение интуитивного мышления в сознательно-логическое «не направляется целью, а возникает помимо намерения как побочный продукт...» [17, с. 206]. Эффект интуитивного мышления, чтобы стать социально признанным научным результатом, «должен быть осознан, вербализован, а иногда и формализован средствами логического мышления» [17, с. 207]. Это можно увидеть на примере многих открытий [11, 15, 30, 36].

Одной из экспериментальных моделей интуитивного решения Я. А. Пономарев выбрал задачу: провести через четыре точки три прямые линии, не отрывая карандаша от бумаги, так, чтобы карандаш возвратился в начальную точку.

Решение состоит в том, чтобы описать около квадрата треугольник. Я. А. Пономарев сообщает, что ни один из его испытуемых не смог решить задачу самостоятельно. Тогда им предлагалась такая задача: перескочить одним ходом белой шашки через три черные так, чтобы белая шашка возвратилась на исходное поле. После решения дополнительной задачи на шахматное поле накладывалась калька с нанесенными четырьмя точками (их положение соответствовало положению шашек), и испытуемому снова предлагалось решить первую задачу, что он и выполнял. Но если подсказка предъявлялась до основной задачи, то она в большинстве случаев не помогала.

Причина состоит в том, что свойства подсказки как задачи, аналогичной основной, **создаются** в ходе предварительных попыток решения основной. Мы могли бы сказать, что основная задача является **наводящей** для подсказки (сравни [17, с. 217]). Кроме того, основная задача оказывает мотивирующее, стимулирующее воздействие. Оба эти момента отмечал также А. Пуанкаре [19].

При сопоставлении данных этого модельного эксперимента с известными фактическими данными о реальных открытиях обнаруживается, что «слепой случай», на который так часто ссылаются при описании процессов

творчества, благоволит только подготовленному сознанию [11, 22].

Эксперименты Я. А. Пономарева по существу являются обобщением длинной цепи экспериментальных исследований, начатых гештальтистами Кёлером [31] и Вертгеймером [42]. Вместе с тем для всех этих экспериментов характерно недостаточное внимание к взаимодействию различных форм вербального опыта в процессе решения задач на сообразительность. В работе Б. М. Кедрова была четко показана связь интуитивных решений с используемыми средствами.

Проблема средств является ключевой не только в научном, но в любом творчестве, в том числе на производстве. На эту проблему обратил внимание А. М. Матюшкин [14, с. 65 и сл.]. Он подчеркивал, что в процессе творчества привычные орудия приобретают новые, более соответствующие решаемой задаче свойства.

Однако на примере открытия периодического закона можно было отметить, что средства определяют точку зрения на объект исследования. Поэтому создание новых средств (даже таких простых, как пасьянсные карты) позволяет увидеть объект по-новому. Наиболее мощным средством овладения предметом является слово. Языковая (или в пределе формально-логическая) конструкция, будучи обобщением реальных действий с объектом, оказывается абстрактным отображением свойств объекта.

Каждая формальная структура является как бы вершиной айсберга, основное содержание которого оказывается под водой, т. е. весь соответствующий формальной структуре интуитивный опыт не находит полного выражения в средствах оперирования с объектом. Я. А. Пономарев подробно рассматривает градации перехода от интуитивного к логическому знанию и показывает, что инсайт, творческое преодоление концептуального барьера, осуществляется на интуитивном уровне (в скрытой под водой части айсберга).

В анализе открытия периодического закона Б. М. Кедров отмечал, что творчество реализуется на пересечении двух, первоначально независимых рядов событий. Причем не всегда второй ряд событий оказывается исключительно интуитивным, как это было в экспериментах Я. А. Пономарева. Иногда второй, дополнительный ряд

событий также имеет представительство в предметных или вербально-логических средствах.

В этом случае процесс творческого понимания явления предстает как преодоление противоречия, т. е. в форме, наиболее близкой к диалектическому мышлению.

По-видимому, в процессе разрешения диалектического противоречия основная нагрузка вновь приходится на подсознательные, интуитивные процессы. Некоторые последние экспериментально-теоретические исследования косвенно подтверждают такое предположение. Например, в работе А. Ротенберга [36] выделяются два этапа в процессе творческого мышления. На первом этапе две стороны явления сосуществуют и развиваются независимо. Этот этап Р. Ротенберг обозначил как «янус-мышление». На втором этапе противоречия снимаются в новом синтетическом целом. Соответствующую форму мышления А. Ротенберг обозначил как единопостранственное (*homospacial*). Подход А. Ротенберга в основных чертах повторяет идею С. Л. Рубинштейна, что творческое мышление представляет собой разворачивающуюся последовательность анализов и синтезов [20, 21]. Отличие состоит в том, что А. Ротенберг показывает непосредственную связь внешних, формально-логических и интуитивных механизмов мышления.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ТВОРЧЕСТВО

Прогресс в понимании природы творческих процессов был достигнут благодаря обнаружению новых физиологических механизмов работы мозга. Здесь необходимо отметить две группы исследований: двухкамерности мозга и голографических процессов мозга. Первая связана с раскрытием взаимной дополнительности функций правого и левого полушарий мозга. Несколько огрубляя, можно сказать, что одно полушарие (для большинства людей — левое) ответственно за формально-логические аспекты мышления, а другое — за образные [18, 29, 37]. При таком разделении функций очень легко понять, что процессы интуитивного мышления (в том числе творческого) принадлежат правому, образному полушарию. Вторая группа исследований дополняет первую и предлагает механизм голографической обработки информации для процессов образования и взаимодействия образов

[18, 34], при этом логические процессы направлены на управление образами.

Ряд феноменов мышления обнаружил А. Р. Лурия у больных с локальными поражениями мозга, которые позволяют понять некоторые дополнительные особенности интеллектуальных процессов.

Обобщая многочисленные проявления изменений умственной деятельности у таких больных, А. Р. Лурия выделил наряду с прочими две функции: избирательность программы интеллектуальных действий и широта побочных ассоциаций [12, с. 381 и сл.], которые в некоторых случаях изолированно сохранялись у больных. Эти две функции очень отчетливо представлены и в творческом мышлении. Перед каждым исследователем всегда стоят две противоречивые задачи: сосредоточиться на выбранном направлении исследования и учесть как можно больше свойств изучаемого явления.

Обращаясь к традиционным формам обучения, можно отметить, что у обучаемого тренируется, упражняется только функция избирательности, тогда как вторую функцию широкого охвата явления, которая должна предварять селекцию нужных признаков, берет на себя преподаватель.

* * *

Чтобы подвести итоги краткому описанию механизмов творческого мышления, воспользуемся несколько далеким, но достаточно корректным сравнением мыслительного процесса с функционированием ЭВМ. В рамках такой аналогии традиционный процесс обучения подобен, в лучшем случае, процессу программирования, а иногда просто введению исходных данных. Процесс творчества предстает как процесс самопрограммирования, а точнее — перепрограммирования. Далее, творчество связано с перестройкой подпрограмм, обслуживающих основной процесс. Перестройка осуществляется сразу по многим подпрограммам, чтобы обеспечить их взаимное соответствие, и эти преобразования используют принципы голографической обработки информации.

Поэтому задача обучения творчеству в рамках данной аналогии существенно отличается от традиционного обучения знаниям. Применительно к техническому прикладному творчеству хотелось бы отметить еще одну

сторону мышления, которая обычно остается вне сферы внимания психологов. Это способность переходить от одной мысленной модели явления к другой при четком контроле области применимости каждой.

Опытный преподаватель технического вуза, осознающий границы применения того или иного технического решения, всегда стремится обучить своих студентов умению подбирать адекватную задаче схему анализа и проектирования.

О ПРАКТИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТАХ ОБУЧЕНИЯ ТВОРЧЕСТВУ

Сведения об обучении творческому мышлению как специфическому мыслительному процессу немногочисленны. В настоящем разделе мы постараемся проанализировать результаты некоторых известных попыток обучения творчеству, с тем чтобы наметить направление дальнейших исследований и практических мероприятий.

Обучение творческому мышлению разделяется на два основных направления. К первому относятся довольно многочисленные «самоучители мышления» (см., например, [15, 25]). Ко второму — работы в рамках существующей системы образования. Не отрицая значения первого направления (порой трудно провести границу между ними), мы остановимся на втором, как непосредственно относящемся к задачам психологической службы в высшей школе.

Первые практические попытки обучения творчеству опирались на отбор одаренных детей и их последующее развитие [39]. В настоящее время все шире распространяется представление, что творчество является специфической способностью каждого человека, которая может и должна развиваться. Е. П. Торренс [41], рассматривая попытки развития творческих способностей, предпринимавшиеся на протяжении более чем 20 лет в США, отмечает наличие и успехов и неудач. Официальная педагогика, по его мнению, уделяет обучению творчеству очень незначительное внимание. Так, проблеме творчества в учебниках по педагогике уделяется в среднем 28 страниц (данные на 1974 г.) (в 1950 г. было только 10 страниц). Хотя прогресс есть, но он недостаточный. Основные усилия были направлены на разработку тестов творческих способностей. Е. П. Торренс приходит к выводу, что, несмотря на наличие серьезных барьеров

на пути развития обучения творчеству, имеются обнадеживающие признаки дальнейшего прогресса.

Одна из наиболее известных и в некотором смысле назидательных попыток обучения творчеству была принята Р. Крачфилдом [24], который полагал, что творческие способности могут быть развиты в процессе решения творческих задач. Он предлагал своим ученикам небольшие книжки (всего 16, по 30 стр. в каждой), где рассказывалось о приключениях двух подростков — Джима и Лили, которым постоянно приходилось разбираться в детективных историях. Иногда им на помощь приходил третий персонаж — дядюшка Джон. В процессе поисков они выдвигали и проверяли самые неожиданные версии, им приходилось многократно менять свои представления о происшествии, прежде чем появлялось верное решение.

Книжки были построены так, что внимательный и пытливый читатель узнавал ответ немного раньше своих героев. В рассказах содержалось много советов для развития творческого мышления. Эксперименты проводились с двумя группами учащихся: основной — 267 человек и контрольной — 214 человек.

Испытуемым предлагались тестовые задачи на сообразительность до и после обучения. Ученики из экспериментальной группы после обучения сумели решить в три раза больше задач, чем ученики из контрольной группы. Достигнутый эффект сохранялся спустя шесть месяцев, хотя и в ослабленной форме. Ф. Бэррон сообщает любопытную подробность об этом исследовании, ссылаясь на устное сообщение Р. Крачфилда [23, с. 143]. Когда последний попытался распространить свой опыт на другие школы, эффект оказался значительно меньше. Отсюда становится понятным, что преподаватель (его личность, мотивация, опыт) играет центральную роль в обучении творчеству.

Е. П. Торренс [40] попытался обобщить сведения о влиянии учителей на процесс развития творчества. Он показал, что число выдающихся учеников очень сильно неслучайным образом меняется для разных учителей. Значение преподавателя подчеркивают также Дж. Рэдфорд и А. Бэртон [35].

Довольно обширный эксперимент, направленный на подготовку преподавателей с целью повышения их умения воспитывать творческие способности, описывает

Ф. Бэррон [23, с. 125]. Работа продолжалась в течение года с 29 преподавателями. Наиболее четкие и однозначные положительные изменения произошли в мотивационном и эмоциональном настрое преподавателей:

увеличилось чувство симпатии к ученикам, возросло понимание отстающих.

Рост креативности учащихся составил в среднем 10—15%. В ходе проверки долгосрочного развития творческих способностей обнаружилось, что ученики лучше воспроизводят навыки творческого мышления, когда их просят представить себя в роли героя занимательных историй, служивших в качестве учебного материала.

Хотелось бы обратить внимание и на такой вывод Ф. Бэррона: «...Неудача многих нововведений в программы может быть отнесена к пренебрежению стратегией включения учителей в нововведение и сохранения их эмоциональной и интеллектуальной заинтересованности» [23, с. 135]. Значение преподавателя при воспитании у молодежи творческих способностей подчеркивал П. Л. Капица и советовал шире привлекать для преподавания творчески работающих ученых [9].

В Советском Союзе интересные результаты по развитию у учащихся внутреннего плана действий были получены Я. А. Пономаревым [16, 17], но он также отмечал кратковременный (менее года) эффект такого обучения.

Наибольшее распространение у нас в стране получил метод, известный под названием «проблемного обучения» [13]. Этот метод применяется и в школе и в вузе, давая в большинстве случаев положительные результаты. Вместе с тем следует отметить, что при этом существенно возрастает объем работы преподавателя. Дальнейшее развитие этого метода, по-видимому, требует привлечения вычислительной техники. Кроме того, остается неясным, в какой степени в ходе проблемного обучения развиваются интуитивные механизмы мышления, которые играют ведущую роль в творческом процессе.

* * *

Проведенный нами анализ научных данных о психологических механизмах творчества и краткий обзор по-

лученных практических результатов показывают, что проблема обучения творчеству вполне разрешима.

Нам хотелось бы закончить статью словами П. Л. Капицы: «... Нет сомнения, что для правильного обучения современной молодежи нужно воспитывать в ней творческие способности, начиная со школьной скамьи, и кончать в высших учебных заведениях. Это фундаментальная задача, от решения которой может зависеть будущее нашей цивилизации...» [9, с. 24].

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Альтшуллер Г. С. Алгоритм изобретения. М., Московский рабочий, 1973, с. 296.
2. Бодалев А. А., Забродин Ю. С., Захарова А. В. Становление психологической службы и проблемы высшей школы.— В сб. Экспериментальные и теоретические проблемы психологии обучения. Новосибирск, Изд. НГУ, 1979, с. 3—13.
3. Богоявленская Д. Б. Об одном из подходов к исследованию интеллектуального творчества.— Вопросы психологии, 1976, № 4, с. 69—80.
4. Брушлинский А. В. Мышление и прогнозирование. М., Мысль, 1979.
5. Гилфорд Дж. Три стороны интеллекта.— В сб.: Психология мышления. М., Прогресс, 1965, с. 433—456.
6. Де Боно, Э. Рождение новой идеи (The use of the lateral thinking). М., Прогресс, 1976, 143 с.
7. Дункер К. Психология продуктивного (творческого) мышления.— В сб.: Психология мышления. М., Прогресс, 1965, с. 86—234.
8. Журавлев Г. Е. Некоторые психологические проблемы организации учебного процесса.— В сб.: Экспериментальные и теоретические проблемы психологии обучения. Новосибирск, Изд. НГУ, 1979, с. 14—28.
9. Капица П. Л. Некоторые принципы творческого воспитания и образования.— Вопросы философии, 1971, № 7, с. 16—24.
10. Кедров Б. М. Психологический «механизм» научного открытия.— Вопросы психологии, 1969, № 3, с. 19—36.
11. Лук А. Н. Психология творчества. М., Наука, 1978, с. 127.
12. Лурия А. Р. Мозг человека и психические процессы.— В сб.: Нейропсихологический анализ сознательной деятельности. М., Педагогика, 1970, 496 с.
13. Майер Н. Мышление человека.— В сб.: Психология мышления. М., Прогресс, 1965, с. 245—299.
14. Матюшкин А. М. Проблемные ситуации в мышлении и обучении. М., Педагогика, 1972, 208 с.
15. Пойя Д. Математическое открытие. Решение задач: основные понятия, изучение и преподавание. М., Наука, 1970, 452 с.
16. Пономарев Я. А. Возрастные возможности усвоения знаний. М., Просвещение, 1966.
17. Пономарев Я. А. Психология творчества. М., Наука, 1976, 301 с.

18. Прибрам К. Языки мозга. М., Прогресс, 1975, 464 с.
19. Пуанкаре А. Математическое творчество.— В кн.: Ж. Адамар. Исследование психологии изобретения в области математики. М., Советское радио, 1970, с. 135—145.
20. Рубинштейн С. Л. О мышлении и путях его исследования. М., Изд. АН СССР, 1958, 147 с.
21. Рубинштейн С. Л. (ред.). Процесс мышления и закономерности анализа, синтеза и обобщения. М., Изд. АН СССР, 1960.
22. Austin J. H. Chase, chance and creativity. N. Y.: Columbia Univ. Press, 1978, 237 p.
23. Barron F. Creative person and creative process. N. Y.: Holt e. a., 1969, 212 p.
24. Crutchfield R. New approach to individualizing instruction. Princetown, N. J.: Educational testing service, 1965.
25. De Bono E. Practical thinking. Harmondsworth, N. J., L.: Penguin, 1976, 190 p.
26. Davis C. A. Psychology of problem solving: theory and practice. N. Y.: Basic Books, 1973, 206 p.
27. Guilford J. P. The nature of human intelligence. N. Y.: McGraw—Hill, 1967.
28. Guilford J. P., Hoepfner R. The analysis of intelligence. N. Y.: McGraw-Hill, 1971, 514 p.
29. Jaynes J. The origin of consciousness in the breakdown of the bicameral mind. Boston: Houghton Mifflin, 1976, 469 p.
30. Koestler A. The act of creation. N. Y.: Macmillan, 1967, 751 p.
31. Köhler W. Dynamics in psychology. L.: Faber, 1942.
32. Krebs H., Shelley J. (Eds.) The creative process in science and medicine. Amsterdam: Excerpta Medica, 1975.
33. Luchins A. S. Mechanization in problem solving: the effect of Einstellung. Psychological Monogr. 1942, v. 54.
34. Pribram K. H., Nuwer M., Baron R. J. The holographic hypothesis of memory structure in brain function and perception. In: Contemporary developments in mathematical psychology, vol. 2. N. Y.: Freeman, 1974, p. 416—457.
35. Rudford J. & Burton A. Thinking: its nature and development. N. Y.: Wiley, 1974, 440 p.
36. Rothenberg A. The emerging goddess. Chicago: Univ. of Chicago Press, 1979, 440 p.
37. Sperry R. W. A modified concept of consciousness. Psychological review, 1969, v. 76, p. 532—636.
38. Stein M. J. Stimulating creativity, v. 1. N. Y.: Academic Press, 1974, 348 p.
39. Terman L. M., Oden M. H. The gifted child grows up: 25 years follow up of a superior group. Stanford, Cal.: Stanford Univ. Press, 1947, 448 p.
40. Torrance B. P. Rewarding creative behavior. Engl. Cl., N. J.: Prentice Hall, 1965, 353 p.
41. Torrance B. P. Creativity research in education: still alive. In: Perspectives in creativity. I. Taylor & J. W. Getzels (Eds.). Chicago: Aldine, 1975, p. 278—296.
42. Wertheimer M. Productive thinking. N. Y.: Harper & Row, 1959.

СОДЕРЖАНИЕ

Б. М. Кедров, академик АН СССР Число и мысль в истории науки (в научных исследованиях, открытиях и заблуждениях)	3
И. М. Яглом, доктор физико-математических наук Почему высшую математику открыли одновременно Ньютон и Лейбниц? (Размышления о математическом мышлении и путях познания мира)	99
Б. М. Болотовский, доктор физико-математических наук. Оливер Хевисайд: мысли физика и расчеты математика . . .	126
Д. Б. Богоявленская, кандидат психологических наук. Ответ Адамару	158
Г. Е. Журавлев, кандидат психологических наук. Обучение творчеству	173

ЧИСЛО И МЫСЛЬ

Сборник. Выпуск 6

Составитель кандидат психологических наук Г. Е. Журавлев

Редактор Н. Феоктистова

Заведующий редакцией естественнонаучной литературы А. Нелюбов. Младший редактор Н. Карячкина. Художник И. Огурцов. Художественный редактор М. Бабичева. Технический редактор А. Красавина. Корректор В. Е. Калинина

ИБ № 5504

Сдано в набор 11.02.83. Подписано к печати 21.07.83. А 09754. Формат бумаги 84×108^{1/32}. Бумага тип. № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 10,08. Усл. кр.-отт. 10,50. Уч.-изд. л. 10,57. Тираж 80 000 экз. Заказ 3—546. Цена 60 коп.

Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 836707.

Головное предприятие республиканского производственного объединения «Полиграфкинг», 252057, Киев-57, ул. Довженко, 3.