

А. И. РАКИТОВ

КУРС
ЛЕКЦИЙ
ПО ЛОГИКЕ
НАУКИ

Рекомендовано Отделом преподавания общественных наук Министерства высшего и среднего специального образования СССР в качестве учебного пособия для студентов философских факультетов и отделений университетов

Б 5-1-3



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ВЫСШАЯ ШКОЛА»
Москва—1971 г.

Р е ц е н з е н т ы:

- 1) Сектор логики Института философии АН СССР
- 2) доктор технических наук *Л. В. Ершов*

Анатолий Ильич Ракитов

**КУРС ЛЕКЦИЙ
ПО ЛОГИКЕ НАУКИ**

Научный редактор канд. философских наук *В. Г. Виноградов*

Редактор издательства *И. И. Головин*

Художник *В. В. Долженков*

Художественный редактор *С. Г. Абелин*

Технический редактор *З. В. Нуждина*

Корректор *Т. В. Афанасьева*

А-03811. Сдано в набор 1/IV 1970 г. Подп. к печати 22/IX 1970 г.
Формат 84×108^{1/32}. Объем 5,5 печ. л. 9,24 усл. п. л. Уч.-из. л.
9,1 Изд. № ФГИ-451. Тираж 27.000 экз. Цена 32 коп.

План выпуска литературы издательства «Высшая школа» (вузы и
техникумы) на 1971 год. Позиция № 13
Москва, Г-51, Неглинная ул., д. 29/14.
Издательство «Высшая школа»

Ярославский полиграфкомбинат Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Ярославль, ул. Свободы, 97. Зак. 988

ПРЕДИСЛОВИЕ

Роль науки в наши дни существенно отличается от той, которую она играла сто или двести лет назад. Отличие это заключается в том, что 1) наука превратилась в особую, широко разветвленную отрасль общественного производства, массового производства знаний; 2) объем научных исследований возрастает с необычайной, все время увеличивающейся скоростью. Количество научных результатов, получаемых в течение одного года, значительно превосходит количество результатов, получавшихся ранее в течение десятилетия, вследствие чего влияние науки на развитие материального производства и различные социальные процессы непрерывно возрастает; 3) наука в социалистическом обществе становится основой государственного и партийного руководства обществом, всеми сторонами его духовной и материальной жизни.

Однако наука не только способствует прогрессу общества, но и требует больших материальных затрат и значительных человеческих ресурсов. В этих условиях особое значение приобретает научное исследование принципов организации и функционирования самой науки. Известно, что современной стадии развития естествознания и общественных наук соответствует широкое проникновение математических идей и методов в сферу научных исследований. Опыт показывает, что применение этих методов может быть весьма эффективным и тогда, когда дело касается исследования систем научного знания. В этом случае речь прежде всего идет об использовании понятийного и технического аппарата символической логики. Увеличение удельного веса математических методов и идей в подобных исследованиях хорошо согласуется с известным замечанием Маркса, что наука «только тогда достигает совершенства, когда ей удается пользоваться математикой» (26, стр. 66).

Исследования подобного рода за минувшие 40—50 лет получили широкое распространение в зарубежной логике науки. Но поскольку в их осуществлении большую роль играли работы логиков, математиков и естествоиспытателей, многие из которых в значительной мере разделяют идеи

неопозитивизма, то иногда высказывается мнение, что логический анализ научного знания, связанный с применением символической логики, является не только монополией, но и атрибутом неопозитивизма. Разумеется, что с таким пониманием дела нельзя согласиться. За последние годы в советской и зарубежной марксистской литературе появился ряд капитальных исследований, убедительно показавших, что логический анализ систем научного знания, опирающийся на применение методов и идей символической логики, можно и должно отделить от его неопозитивистской интерпретации.

Предлагаемый читателю курс лекций по логике науки представляет собой попытку систематического изложения основных идей и проблем, связанных с логическим анализом систем научного знания. Так как изложение материала почти на всем протяжении работы дается преимущественно в содержательном, идейном плане, с относительно незначительным привлечением символического аппарата, то книга может быть доступной самым широким читательским кругам: студентам, преподавателям вузов, научным работникам, не обладающим специальной логико-математической подготовкой.

Автор пользуется случаем, чтобы выразить благодарность всем, кто в той или иной степени содействовал улучшению и появлению в свет этой работы.

Автор

§ 1. Науковедение и логика науки

Требование научного подхода к самой науке выдвигает на первый план необходимость определения исходных позиций, приемов и методов ее исследования. Как и всякий сложный объект, наука может рассматриваться под разными углами зрения и с помощью различных средств.

Наука может изучаться социологией науки, историей науки, психологией научного творчества, методологией науки и т. д. Каждая из этих дисциплин особым образом расчленяет науку, но, будучи связаны общностью объекта изучения, они образуют единый класс «наук о науке», который можно было бы назвать «науковедением»¹.

Общим требованием, предъявляемым ко всем ракурсам анализа науки, является объективность и эвристическая эффективность. Поэтому главная задача заключается в выделении наиболее характерных и общезначимых свойств, структуры, механизма взаимодействия и законов функционирования объекта, которые могли бы служить фундаментом всех специальных аспектов исследования науки. Дисциплина, изучающая эти свойства и закономерности, называется общей теорией науки (ОТН), или логикой науки, и мы будем в дальнейшем употреблять оба эти названия как равнозначные.

Каждая отдельная наука и совокупность наук в целом представляют собой знания, выраженные в виде системы объективно фиксированных предложений. Однако содержание предложений, описывающих объекты, идеи, методы и закономерности различных наук, настолько разнообразны, насколько разнообразны сами эти объекты, идеи и методы. Обнаружить черты сходства, а тем более общности в со-

¹ Больцано (62), предложивший этот термин, применял его в несколько ином смысле, употребляя его примерно так, как употребляют сейчас термин «логика науки».

держании систем предложений, описывающих поведение галактических туманностей, закономерности социального развития или правила дифференцирования, не только трудно, но подчас кажется невозможным. А между тем задача ОТН состоит как раз в отыскании общих определений науки.

Очевидно, что само это требование предполагает особый подход к разным системам научного знания, позволяющий, абстрагируясь от различий в содержании, установить некоторые общие черты или признаки, на основании которых можно было бы рассматривать науку как единое целое и построить теорию, выводы которой были бы в известной мере приложимы ко всем научным дисциплинам. Благодаря интуиции мы часто решаем эту задачу без грубых ошибок и больших затруднений. Однако в тех случаях, когда возникают более тонкие проблемы и отделение научного от ненаучного становится затруднительным, интуиции оказывается недостаточно и появляется потребность объективного и бесспорного определения признаков и критериев научности. Самое беглое знакомство с научной практикой позволяет установить одно бесспорное обстоятельство. Оно состоит в том, что включение в каждую научную дисциплину того или иного предложения или группы предложений, несущих в себе какие-либо знания, осуществляется лишь при условии, что эти предложения рассматриваются как истинные. Какими бы различными по своей природе и структуре ни были знания, как бы ни отличались они друг от друга, их истинность является непременной и необходимой характеристикой. На этом основании можно считать, что самое общее определение науки, анализ структуры научных теорий и другие задачи, образующие собственный предмет исследования общей теории науки, должны в первую очередь учитывать взаимное отношение, связь и различие предложений по их истинностным характеристикам безотносительно к тому, какие стороны содержательного знания в них фиксированы. Такая постановка вопроса выдвигает на первый план три проблемы.

1. Как строится система истинных предложений науки, каким образом они функционируют в процессе получения новых истинных знаний?

2. Чем регулируется отношение систем истинных предложений науки к системам объектов, образующих их предметную область?

3. Чем отличаются истинные предложения науки от истинных предложений, не входящих в состав науки?

Подобный подход, по крайней мере в начальной стадии исследования, позволяет сразу же определить ближайшие цели и задачи и выявить средства их решения. Эти последние могут быть почерпнуты из аппарата современной формальной логики, представляющей собой специальную науку, рассматривающую различные взаимные связи предложений с точки зрения их структуры и истинностных характеристик. Сам термин «формальная логика», введенный Кантом (21), означает не что иное, как такое рассмотрение различных видов предложений и их компонентов, при котором элиминируются или по меньшей мере сводятся к минимуму все характеристики, за исключением структурных и истинностных. Как видно из самого характера задач, стоящих перед общей теорией науки, принципы и средства, развивающиеся формальной логикой, дают наиболее адекватный способ для их эффективного решения. ОТН, таким образом, оказывается особой дисциплиной, возникающей вследствие применения идей и аппарата логики к анализу систем научного знания. Однако такое применение наталкивается на ряд трудностей. Они объясняются тем, что многие проблемы, возникающие при исследовании научного знания, ставят перед формальной логикой вопросы, для решения которых она не всегда оказывается приспособленной. Разработка ОТН в силу этого представляется не простым наложением аппарата логики на адекватный ему объект, но предполагает, с одной стороны, такое расчленение и обработку объекта исследования, чтобы он допускал применение средств логики, а с другой стороны, широкое привлечение и использование ряда смежных философских дисциплин и прежде всего теории познания и методологии, ибо логический анализ знания нельзя изолировать от общего философского исследования познания в целом.

§ 2. Современная логика

В определении современной формальной логики, средствами которой в настоящей работе осуществляется анализ науки, не существует полного единства. Впрочем, логика в этом отношении не составляет исключения. Обилие определений отдельных научных дисциплин отражает, по-видимому, не только наличие различных субъек-

тивных оценок, но в гораздо большей степени объективное многообразие проблем, аспектов и методов исследования, существующих в каждой развитой науке. Такое положение следует, вероятно, считать не аномалией, а нормой. Наша задача поэтому состоит не в том, чтобы выбрать из ряда определений логики «единственно правильное» или предложить некоторое новое, а в том, чтобы указать, какая именно концепция логики лежит в основе данного исследования и каковы основания этого.

В большинстве распространенных руководств по логике она определяется как наука о законах, формах или структуре правильного мышления. Этот взгляд на логику вызывает серьезные возражения. Такие, например, психические акты, как творческое мышление, поиски решения задач, мыслительные процессы, реализующиеся в виде открытий и т. п., не изучаются формальной логикой. А между тем, вряд ли уместно сомневаться в «правильности» подобных актов. На этом основании многие современные психологи и логики приходят к выводу, что формальная логика не является наукой о мышлении вообще (97). Этот крайний нигилизм не может быть оправдан.

Исследование процесса мышления представляет одну из сложнейших проблем и осуществляется целым рядом наук. Его особенность заключается в том, что оно не дано непосредственно. Элементы, акты и процессы мышления, так сказать, «реконструируются» на базе изучения тех объективных феноменов, в которых обнаруживаются различные стороны мышления. К числу этих феноменов относятся общественное поведение, физиологические реакции различного рода, материальные продукты деятельности и язык. В отличие от психологии, социологии и других дисциплин, изучающих три первых группы явлений, логика рассматривает лишь те акты мышления, которые фиксированы в языке и поддаются объективному анализу. Но в отличие от лингвистики, исследующей все аспекты¹ естественных языков, посредством которых осуществляется познание и коммуникация в человеческом обществе, логика рассматривает язык в одном ограниченном аспекте. Она интересуется языком лишь в той мере, в какой он является средством фиксации, переработки и передачи знания. Поэтому все элементы

¹ Т. е. лексический, структурно-грамматический, фонетический и исторический аспекты.

естественных языков, не отвечающие этим целям и служащие для выражения чувств, настроений, эмоций и т. д., не рассматриваются логикой.

Кроме того, логика отвлекается от тех конкретных особенностей фонетического и лексико-грамматического строя естественных языков, от конкретного состава частей речи, членов предложения, набора фонем, морфем и графем, которыми в первую очередь занимается лингвистика, и обращается к выяснению структур, общих всем языковым конструкциям, фиксирующим знание. Эти структуры во многих случаях не только не совпадают полностью со структурой выражений естественных языков, но часто весьма значительно отличаются от них. Рассматривая язык, логика в первую очередь интересуется отношением его элементов к обозначаемым объектам и тем, как при помощи определенных связей из этих элементов образуются сложные знаковые системы, выражающие истинные знания об объективном мире. Отправляясь от анализа естественных языков, логика переносит центр тяжести на особые языки — искусственные языки науки, возникающие на базе естественных, но отличающиеся рядом важных черт. Для исследования языков вообще, научных в особенностях, она использует особо точный инструментарий, реализующийся в виде формальных знаковых систем, позволяющих обнаружить законы построения и функционирования, т. е. образования и преобразования систем знания¹. Вопрос о выделении объективных средств фиксации знания и выведении одних «единиц» знания из других по определенным, объективно значимым правилам представляет в силу этого важнейший раздел современной логики.

Такое понимание логики отличается от приведенного в начале параграфа тем, что ее задача ограничивается изучением и реконструкцией тех мыслительных процессов, которые фиксируются в языковых знаковых системах и поддаются объективному анализу. Этот подход к логике опирается на известное указание Маркса: «...язык есть практическое, существующее и для других людей и лишь тем са-

¹ В этом смысле можно согласиться с тем, что «...современную формальную логику было бы точнее называть формальной потому, что она изучает содержательное логическое мышление посредством его отображения в формальных системах — логических формализмах или исчислениях» (49, стр. 91).

мым существующее также и для меня самого, действительное сознание...» (1, стр. 29).

Знания, фиксированные в языке, — важнейший результат мышления. Логика, исследуя результаты мышления, в известной мере дает материал для «реконструкции» последнего. Этот материал, конечно, ограничен, но без него никакое эффективное исследование мышления и особенно научного мышления невозможно. Поэтому утверждение, что формальная логика не может служить средством изучения мышления, не соответствует реальному положению дел и является продуктом явно недостаточного знакомства с методами и результатами этой науки.

Современная логика, возникшая в середине XIX в., отличается от традиционной широким применением точных методов и предельной строгостью своих построений. Этой особенностью она обязана применением математических, и в частности алгебраических, средств к решению специальных логических задач. Математизация аппарата логики была вызвана как стремлением точно и недвусмысленно описать возможно более широкий круг систем логического вывода, так и тем, что с конца XIX и начала XX вв. логика стала играть решающую роль в изучении оснований математики прежде всего в связи с развитием теории множеств и обнаружением ряда связанных с ней парадоксов. Традиционная логика также была не свободна от применения определенной, хотя и весьма несовершенной, символики. Ею пользовались и сам Аристотель, и стоики, и схоластические логики, и более поздние авторы. В современной логике роль символического аппарата колоссально возросла. Без него современная логика не могла бы осуществить исследование по теории вывода и доказательству, исследование в области семантики формализованных языков, проанализировать ряд важных проблем современного естествознания. Уже по одному этому отрицательное отношение к символике и сведение ее лишь к техническо-вспомогательной роли является атавизмом и поконится скорее на предрассудке, чем на разумном основании (75). Современную формальную логику часто называют математической логикой. Однако это не вполне точно. Математической в строгом смысле слова следовало бы называть лишь ту ее часть, которая связана с исследованием оснований математики и математических рассуждений. Помимо этого, современная логика включает в себя такие разделы, как модальная, индуктивная и т. д.

логики, применяющиеся далеко за пределами математики. Эти разделы логики были созданы в целях более точного анализа систем научного знания и нашли широкое применение в технике, лингвистике и других науках.

В соответствии со сказанным современную формальную логику в целом точнее следовало бы называть символической логикой, рассматривая ее как самостоятельную дисциплину, изучающую точными методами структурные и смысловые особенности языков, фиксирующих различные системы научных знаний. Учитывая сказанное, в настоящей работе термины «формальная», «символическая» и «современная» логика будут рассматриваться как идентичные, за исключением тех случаев, когда потребуется более тонкое различие между современной и традиционной формальной логикой.

В связи с этим следует возразить также против распространенного мнения, будто формализация логики в ее современном смысле целиком исключает содержательное рассмотрение проблем. Термины «формальный» и «содержательный» в символической логике употребляются иначе, чем в повседневной речи. Первый из этих терминов означает, что рассматриваемые языковые образования оцениваются с позиций их структуры, а второй — что рассмотрение ведется на основе определения того, какие объекты, реальные ситуации, исследовательские процедуры и операции фиксируются в данных языковых конструкциях. Так как само определение истинности ни в ее формально-логическом, ни в гносеологическом аспекте, несмотря на все их различия, невозможно без этого второго подхода, то всякое логическое исследование в конечном счете включает в себя содержательный анализ. Даже наиболее строгие формальные системы, имеющие место в высших разделах логики, в определенных пунктах неизбежно совпадают с содержательным процессом исследования. Содержательный подход является превалирующим и в настоящей работе. Противопоставление символической логики как формальной какой-либо другой логической системе как содержательной связано с определением терминов «форма» и «содержание», принятым в философских сочинениях И. Канта (21, стр. 7). Кант под содержанием понимал чувственно-воспринимаемые объекты и полагал, что логика, представляя собой учение о необходимых формах чистого рассудка, не обращается к этому содержанию и этим отличается от других наук. Если

согласиться с подобным определением содержания, то в число бессодержательных следовало бы записать не только чистую математику, но и целый ряд естественнонаучных теорий, непосредственно не имеющих дела с чувственно-наглядными объектами. Поэтому противопоставление символической логики как формальной какой-то иной — содержательной — лишено серьезных оснований.

Соображения, приведенные здесь в защиту принятой в настоящей работе концепции логики, находят подтверждение и в историческом генезисе этой науки.

§ 3. Понимание логики в связи с эволюцией естествознания и математики

Выше уже было отмечено, что в настоящее время существует несколько концепций логики. Почти все они в большей или меньшей степени соответствуют различным этапам развития логической теории и могут быть поняты только, если история логики рассматривается в связи с эволюцией науки в целом и прежде всего естествознания и математики.

Самое беглое сопоставление античного понимания логики, синтезированного Аристотелем и стоиками и удержанвшегося до XVII в., с историей естествознания и математики позволяет сделать ряд наблюдений. В античной науке преобладали главным образом математические дедуктивные дисциплины. Физические и биологические знания носили либо спекулятивный характер, либо представляли собой простейшее обобщение повседневного опыта. Экспериментальное естествознание и приемы эмпирического исследования находились в эмбриональном состоянии. Робкие шаги в этом направлении, сделанные александрийцами и Архимедом, почти не оказали заметного влияния на теорию и практику научного мышления. Поэтому логика Аристотеля явилась обобщением лишь тех приемов и методов, которые к этому времени получили широкое признание¹. С другой стороны,

¹ Многие более тонкие приемы рассуждения, с успехом использовавшиеся в античной математике, как отмечает Бурбаки (8, стр. 12—13), не нашли отражения в силлогистике Аристотеля и трудах перипатетиков. Зато другое направление античной логики, представленное мегарскими стоиками, сумело сформулировать ряд принципов, получивших признание в современной логике высказы-

для античной философии в целом, несмотря на незначительные вариации, характерно понимание процесса мышления как единого целого. Ей совершенно чужды отделение и противопоставление логических, психологических и гносеологических аспектов мышления. Фиксированные в языке, в поступке или в реальных вещах результаты мышления не противопоставляются друг другу как продукты различных сторон мыслительной деятельности. Языковая форма мышления не отделяется, таким образом, от мыслительного содержания, в силу чего логика, рассматривающая наиболее развитые приемы и способы дедуктивного рассуждения, понимается как теория мышления в целом, а все мышление как объект логического анализа сводится к наиболее распространенным формам дедуктивного доказательства и рассуждения. Из сказанного следует, что: 1) античная логика развивалась под диктовку математики; 2) в силу этого она была теорией необходимого вывода¹ и 3) она экстраполировала свои результаты на мышление в целом.

XVII век знаменовал собой первый со времен античности переворот в научном мышлении и практике. Развитие экспериментального естествознания позволило обнаружить диссонанс между методами, применяемыми в дедуктивном рассуждении и эмпирическом исследовании. Уже Бэкон, сделавший первый шаг по пути создания индуктивной логики, ясно видит различие между схемами рассуждения, опирающимися на эксперимент, и аристотелевой схематикой. Это наводит на мысль, отчетливо выраженную в работах Юма, а затем Канта², что форма рассуждения не идентична процессу мышления и исследовательской деятельности в целом. Идеи Бэкона нашли свое завершение в логике Милля. По существу логическая концепция Бэкона—Милля претендовала на то, чтобы быть логикой

ваний. К сожалению, их труды не оказали заметного влияния на дальнейшее развитие логики. Существуют также мнения, что аристотелевская схематика развивалась не столько под влиянием методов рассуждений и доказательств, принятых в античной математике, сколько под влиянием классификационных и систематологических принципов тогдашней биологии (см. 50).

¹ Доказательство методом математической индукции также имеет дело с необходимым следованием, и поэтому математическую индукцию не следует смешивать с индукцией как теорией вероятностного вывода.

² И. Кант относил рассуждения к логической рациональной сфере, противопоставляя их чувственной деятельности (20).

открытий, содержащей не только схему всех рассуждений, применимых при переходе от эксперимента к теории, но и описание совокупности действий, позволяющих получать новые знания о любых объектах. Она, таким образом, представляла соединение логики и методологии исследования. Вместе с тем было обнаружено, что независимо от характера схем рассуждения, допускаемых этой системой, полученные при ее посредстве выводы не гарантируют ту же степень достоверности, которую дает дедуктивная логика. Поэтому Джевонс (16), а вслед за ним и Брентано (64) начали рассматривать индуктивную логику как теорию вероятностного вывода. Одновременно с этим с середины XIX в. благодаря трудам Буля, де Моргана, Джевонса, Пирса, Парецкого и др. был сделан решающий шаг в изменении характера традиционной дедуктивной логики. Это проявилось, во-первых, в математизации логики; во-вторых, в создании логики высказываний и в дополнении логики классов логикой отношений; в-третьих, в обнаружении глубокой связи между логикой и основаниями математики (теорией множеств); в-четвертых, в обнаружении того, что существует не одна-единственная, а некоторое множество строгих логических систем, соответствующих различным предметным областям.

Эта реформа логики была закончена в конце XIX — начале XX вв. благодаря трудам Пеано, Фреге, Рассела и Гильберта. Правда, представляемое ими направление по-прежнему имело дело лишь с дедуктивными выводами, распространенными в математике. Но положение логики в корне изменилось. Если во времена Аристотеля подавляющее большинство математиков могли почти полностью игнорировать аристотелеву силлогистику, то в настоящее время решение значительного числа задач в теории множеств, алгебре, теории алгоритмов, геометрии и т. д. было бы вообще невозможно без использования аппарата и идей современной логики. Одновременно с этим на развитие современной логики весьма заметно повлияла революция в естествознании конца XIX — начала XX вв. Не касаясь всех ее последствий, укажем лишь те, которые оказались существенными для развития логики.

1. Принципиальное изменение роли математики в изложении и построении научных теорий.

2. Обнаружение нетривиального характера связи между теорией и экспериментом (невозможность построения

теории на основе простого обобщения эксперимента; например, эксперимент Майкельсона и разработка специальной теории относительности).

3. Кризис концепции классического лапласовского детерминизма в связи с некоторыми естественнонаучными открытиями.

4. Обнаружение зависимости результатов научного исследования от структуры и состава языка науки (например, невозможность выразить некоторые результаты современной физики на языке классической физики и т. п.).

Эти факторы поставили перед логикой ряд задач, важнейшими из которых явились: исследование принципов построения языка науки и создание различных по богатству полностью или частично формализованных систем; разработка логических основ дедуктивной и индуктивной логики; исследование принципов построения научных теорий; исследование зависимости смысловой стороны языка науки от характера описываемой предметной области. Для решения этих задач логике необходимо было в первую очередь исследовать уже существующие, накопленные, так сказать, готовые формы научного знания. Выявляя структуру сложившихся научных теорий, современная логика стремится, с одной стороны, обнаружить наиболее эффективные методы и теории, а с другой — указать способы улучшения недостаточно эффективных. Как видно, сам характер задач, поставленных перед современной логикой развитием науки, потребовал ее превращения из теории мышления вообще, какой она казалась античным и средневековым логикам, в учение о структуре готового научного знания и логических методах его построения и анализа. Вместе с тем необходимость описать и исследовать большое число весьма различных по своему строению и применяемым методам научных теорий привела к детальной разработке сложного символического аппарата, без которого невозможно было бы отобразить все многообразие типов научного знания и способов его построения.

Концентрируя внимание на этой стороне дела, логика была вынуждена передать изучение остальных сторон научного познания в ведение других дисциплин, изучающих процесс мышления.

Благодаря усилиям большого числа математиков, логиков и естествоиспытателей современная логика довольно далеко продвинулась в решении этих задач. Разумеется,

с каждым новым шагом вперед возникают новые проблемы и трудности. Но в этом отношении логика разделяет судьбу всех остальных наук. Развитие логики в указанном направлении окончательно превратило ее в учение о формальном строении научного знания, исследующее законы построения и функционирования языка науки. Таков результат двухтысячелетнего развития логики и разделения труда между науками, исследующими мышление вообще, научное мышление в особенности.

На основании этого можно установить вполне четкие различия между рядом рядом дисциплин, с различных точек зрения изучающих строение научного знания.

§ 4. Различные аспекты проблемы

Провести демаркационную линию между гносеологическим, психологическим, логическим и методологическим аспектами исследования науки подчас весьма затруднительно. Однако сделать это необходимо, так как само применение логики к анализу научного знания ставит ряд гносеологических и методологических проблем, не возникающих при иных типах исследования. Чтобы представить, в какой мере логические средства могут использоваться при анализе научного знания и на какие результаты в этом случае следует рассчитывать, попытаемся провести предварительное различение этих важнейших аспектов анализа знания.

Психология рассматривает весь комплекс психических процессов, происходящих в мозгу человека, включая как познавательные, так и эмоциональные стороны. Она рассматривает мышление и чувство как функции определенной нейрофизиологической деятельности. Задачи, возникающие при психологическом подходе к этим явлениям, могут быть сформулированы прежде всего как выяснение связей между субстратом и феноменом психической деятельности. Последние, собственно, и образуют то, что называют субъективной деятельностью, психикой. В этом смысле психология рассматривает познавательные и эмотивные процессы как реакцию на некоторые определенные условия. Однако акцент делается именно на изучение субъективных моментов, тогда как строение и характеристика объектов учитываются лишь постольку, поскольку это необходимо для понима-

ния первых. «Во взаимосвязи внешних и внутренних условий главную роль играют внешние условия, но центральная задача психологии заключается в том, чтобы выявить роль внутренних условий в их взаимоотношениях с внешними условиями» (43, стр. 8). Психологию интересует не формальная структура знания, а процессы, детерминирующие переход от ощущений к знаниям. Этим в первую очередь определяется различие между психологическим и логическим подходом к анализу знания, ибо, апеллируя в случае необходимости к процессу наблюдения, логика не включает его в сферу своей компетенции. Еще более отчетливо это различие выступает, когда дело касается соотношения языка и мышления. Психолога, например, может интересовать анализ внутренней речи, ее связь с решением различных задач. Причем исследования осуществляются радиологическими или электромеханическими средствами (48) и на этом основании делаются попытки реконструировать связь языка и мышления. Логика же пользуется иными средствами, рассматривая всю проблему на уровне анализа объективных знаковых систем, фиксирующих знание. В силу этого и сама проблема анализа внутренней речи и связанных с ней субъективных процессов целиком находится вне сферы интересов логики. Другое важное различие состоит в том, что психология стремится выяснить виды и оттенки мышления, не поддающиеся точному языковому выражению. Она в связи с этим исследует не только единство, но и диссонансы языка и мышления. «Но на деле, — замечает Выготский, — мысль имеет свое особое строение и течение, переход от которого к строению и течению речи представляет большие трудности...» (12, стр. 377). Напротив, логика исследует лишь такое мышление и лишь постольку, поскольку оно реализовано в точном объективном и адекватном языке с жесткими правилами построения и постоянными значениями, языке, без которого свободно обходятся в быту, но без которого нельзя обойтись в науке. Если бы Эйнштейн изложил теорию относительности при помощи намеков, иносказаний и т. п., надеясь на понимание с полуслова или психологическую настроенность своих читателей, то и без того небольшое число лиц, понимающих эту теорию, было бы просто ничтожным.

Совсем иного рода задачи стоят перед теорией познания. Выявляя содержательную сторону процесса формирования знания, теория познания сталкивается прежде всего с не-

обходимостью выяснить, каково взаимоотношение знания и объективной реальности и каковы специфика и факторы, детерминирующие его развитие. Такой подход с самого начала требует рассмотрения взаимодействия субъекта и объекта познания в генезисе. Гносеологический аспект рассмотрения процессов формирования и становления знания есть, следовательно, вместе с тем аспект генетический. С этой точки зрения знание берется лишь как момент в общем потоке познания, а не как самостоятельное, определенным образом фиксированное состояние. Для диалектики, подчеркивал В. И. Ленин, нет готового и неизменного знания. Для нее прежде всего важно «разбирать, каким образом из *незнания* является *знание*, каким образом неполное, неточное знание становится более полным и более точным» (3, стр. 102). Рассматривая познание как исторический процесс последовательной смены несовпадающих уровней знания, диалектика концентрирует внимание на фиксировании различий этих уровней, ибо без этого невозможно понимание познания как развивающегося целого. Поскольку каждые две научные концепции, сменяющие друг друга, различаются либо исходными пунктами, либо результатами (либо тем и другим одновременно), постольку они рассматриваются как противоречащие друг другу. Но поскольку они относятся к одной и той же предметной области и отношение между ними может регулироваться принципом либо соответствия, либо дополнительности (сравни, например, классическую и релятивистскую теории времени и пространства, корпускулярную и волновую теории света), постольку диалектика фиксирует не только различие, но и единство этих уровней познания. Каждый уровень познания рассматривается как отражение определенного состояния развивающейся действительности, и изменения последней детерминируют появление нового уровня познания. Другим фактором, стимулирующим смену уровней познания, является изменение в системе и средствах деятельности, посредством которых осуществляется исследование данной совокупности объектов.

Такой подход к проблеме изучения знания является решающим в границах основного гносеологического вопроса. Противопоставление первичного и вторичного и рассмотрение их взаимодействий в генезисе познания необходимо для решения проблем, связанных с основным гносеологическим вопросом. Но такое противопоставление, необходимое

и разумное в рамках гносеологического исследования, становится причиной многих ошибок в случае его абсолютизации. В. И. Ленин дал принципиальное решение проблемы соотношения первичного и вторичного как применительно к гносеологическим, так и естественнонаучным исследованиям. Он писал: «Пределы абсолютной необходимости и абсолютной истинности этого относительного противопоставления суть именно те пределы, которые определяют направление гносеологических исследований. За этими пределами оперировать с противоположностью материи и духа, физического и психического, как с абсолютной противоположностью, было бы громадной ошибкой» (3, стр. 259). Эта мысль хорошо известна, тем не менее в области логических исследований она еще не получила достаточно полного отражения.

Таким образом, характерными чертами гносеологического рассмотрения знания являются: 1) противопоставление знания как вторичного его объекту как первичному; 2) признание объекта детерминирующим фактором процесса познания; 3) рассмотрение знания не как готового функционирующего образования, имеющего особую структуру, а как момента в процессе познания. Логика, исследуя знание, опирается на результаты гносеологического решения вопроса о происхождении и природе знания. Однако, будучи самостоятельной наукой, она выходит за границы основного гносеологического вопроса, отвлекается от специфического теоретико-познавательного подхода к проблеме. Ее особенность прежде всего заключается в том, что она стремится рассматривать знание как объективный феномен, исследуя главным образом его формальное строение, структуру и взаимосвязь элементов, отвлекаясь от их субстанциальной природы и генетических взаимоотношений. Это означает, что логика особым образом выделяет знание как исходную абстракцию своего анализа. Она рассматривает знание как образование столь же объективное, как объекты физики, химии и других наук, и исследует его средствами, поддающимися объективному логическому контролю. Логическая теория концентрирует свое внимание на изучении формальной структуры всякого знания, знания вообще. Разумеется, такое ограничение задач делает формальную теорию знания ограниченной, но вместе с тем и более эффективной при изучении некоторых специальных проблем.

Являясь учением о структуре знания и правилах формального выводения одних единиц знания из других, логика выделяет в качестве своего специфического предмета готовое знание, и в этом ее второе отличие от дисциплин, интересующихся процессом становления знания. Термин «готовый» не следует понимать как синоним «неподвижный», «мертвый», «окостеневший». ОТН стремится использовать логику не только для анализа раз навсегда фиксированных структур знания, но пытается рассмотреть процесс и закономерности их функционирования. В этом смысле современная наука представляет собой своего рода машину, механизм, рассчитанный на получение и переработку знания. «Детали» и «узлы» этой машины образуются различными логическими структурами, системами предложений определенной формы; последовательные преобразования, взаимодействие этих «узлов» определяют весь режим работы машины, так сказать, режим ее функционирования.

Наконец, третье важное отличие логического подхода к анализу знания, вытекающее из двух предыдущих, заключается в том, что отправным пунктом построения всех логических систем является принцип непротиворечивости. Этот принцип будет специально рассмотрен в дальнейшем. Поэтому здесь можно ограничиться следующим замечанием. Принцип непротиворечивости, лежащий в основе формально-логических систем, не следует рассматривать как онтологический или гносеологический принцип. Он имеет силу лишь для систем готового знания. Его не следует в силу этого противопоставлять принципу единства противоположностей, обладающему всеобъемлющей значимостью для всех форм развития природы, общества и мышления.

Приведенные здесь характеристики психологического, гносеологического и логического аспектов анализа знания ни в коей мере не являются исчерпывающими. Но они достаточно ясно очерчивают пограничные линии, объединяющие и разъединяющие эти аспекты. Попытки разграничения логического и теоретико-познавательного аспектов вызывают нередко возражения, основанные на том, что единство логики, диалектики и теории познания является одним из принципов марксистской философии. Действительно, вопрос о единстве логики, диалектики и теории познания, поставленный еще в философии Гегеля, получил дальнейшее развитие в марксистской литературе. Но следует иметь в виду, что В. И. Ленин, глубоко раскрывший важность

этого принципа, придавал термину «логика» иное значение, чем это принято при его узкологическом понимании. Он применял его для обозначения общефилософской концепции, рассматривающей генезис мышления в связи с изменением отражаемой в нем объективной реальности, подчеркивая тем самым единство гносеологического, онтологического, логического и генетического аспектов в исследовании мышления в целом. Дисциплина, выступающая как единство логики, диалектики и теории познания, должна быть в сущности универсальной теорией мышления, опирающейся на лингвистический анализ истории языка, на психологию и физиологию органов чувств, на изучение мышления первобытного человека и ребенка, истории естествознания, техники и философии (4, стр. 314). Простое соопоставление этой проблематики с вопросами, находящимися в компетенции символической логики, показывает, что речь идет о двух различных дисциплинах, обозначаемых иногда в силу установившейся традиции одним и тем же термином. Поэтому проведенное выше разграничение между гносеологией (логика как диалектика и теория познания) и символической логикой не только оправдано, но и необходимо.

§ 5. Логика и методология

Логический анализ систем научного знания необходимым образом связан с их методологическим анализом. Это обусловлено спецификой изучаемого объекта. Движение планет в солнечной системе или элементарных частиц в атоме совершается независимо от деятельности людей. Движение научного знания, включая формальное выведение одних предложений из других, определение терминов, выбор логического синтаксиса и семантической интерпретации знаковых систем, осуществляется людьми и приобретает смысл лишь в их деятельности. Поэтому логический анализ самой системы предложений, образующих науку, должен дополняться методологическим исследованием систем действия: детерминирующих построение данных знаковых систем; реализующих их функционирование; осуществляющих действия с объектами на основе предписания соответствующих наук.

Термин «методология» многозначен. Наиболее распространенными значениями этого термина являются: а) уч-

ние о методах познания в целом (в этом смысле методология почти полностью совпадает с теорией познания); б) специальное описание совокупности приемов и методов, применяемых в какой-либо сфере деятельности или исследовании. В настоящей работе термин «методология» используется в особом, более узком смысле. В самом грубом и схематичном виде основные ингредиенты процесса познания могут быть поделены на три группы: 1) системы объектов; 2) системы знаний; 3) системы деятельности с этими объектами на основании данной системы знаний. Каждый из этих ингредиентов может быть абстрагирован как самостоятельный предмет рассмотрения. Например, системы объектов могут быть предметом онтологического исследования; системы знаний — предметом логики; системы деятельности — предметом особой дисциплины — теории эффективного действия, названной Котарбиньским праксеологией (83). Но чтобы понять, например, особенности функционирования систем знания, необходимо в определенных пунктах исследования принимать во внимание как связь ингредиентов процесса познания в целом, что осуществляется теорией познания, так и попарное их взаимодействие. Рассмотрение взаимодействий второго и третьего образует специфическую задачу методологии. Она, таким образом, исследует взаимообусловленность, взаимосвязь и зависимость систем знаний и систем деятельности, и именно в этом смысле термин «методология» используется в настоящей работе. Даже такое грубое и схематичное рассмотрение основных образующих процесса познания показывает, что методологический аспект является самостоятельным и чрезвычайно важным аспектом проблемы. Более детальное разграничение логического и методологического аспектов выходит за границы данной работы. Но так как в дальнейшем, несмотря на доминирующий логический подход, нам придется рассматривать значительное число проблем под методологическим и гносеологическим углом зрения, то приведенное здесь вспомогательное различение этих аспектов будет играть важную роль, позволяя достаточно точно определить возможности и средства анализа каждой проблемы.

* * *

Стремясь рассматривать знание как нечто объективное логика науки не может обходиться без выработки своих

собственных понятий, определенным способом фиксирую щих свойства и закономерности ее объектов.

Такие понятия, как «знание», «знак», «объект», «предмет», «язык», «система», «структура», «связь» и т. д., лежащие в основе всех теоретических конструкций логики науки, должны быть рассмотрены в первую очередь. Выявление содержания этих понятий позволит осуществлять дальнейшее исследование проблем, связанных с рассмотрением отдельных сторон науки как особого системного объекта. К этому мы теперь и перейдем.

§ 6. Природа знака

Средством объективного выражения и фиксирования знания является язык, образующий особую знаковую систему. Не останавливаясь подробно на выяснении природы знака, поскольку по этой проблеме существует обширная литература, рассмотрим лишь те его характеристики, которые существенны с логической точки зрения.

Знания, фиксированные в языке, могут выражаться как отдельными знаками, так и их комбинациями, а также системами этих комбинаций. В качестве самостоятельного знака могут выступать группы предложений, отдельные предложения, слова или части слов. Знаки «*O*», «дом», «самый большой жилой дом в мире» могут рассматриваться двояким образом. Во-первых, как элементы, из которых последовательно конструируются все более сложные знаковые комплексы; во-вторых, в качестве самостоятельных образований, соотносимых с различными объектами. В данной главе будет принят во внимание лишь второй из указанных аспектов, и только в этом смысле термин «знак» будет применяться как к единичным знакам, так и к их комбинациям; при этом структура, сложность или простота знака вообще учитываться не будут.

Система знака может состоять из различных фонетических образований, условных графических изображений, световых сигналов, картинок, жестов и др. Звуковые, письменные или жестикуляционные языки, различаемые по материалу знака, отличаются также своими выразительными и коммуникативными возможностями. Но, хотя исследование этой стороны дела представляет определенный интерес, для логики она не имеет принципиального значения. Для логического статуса знака важно следующее.

1. Феномен, выступающий в качестве знака, должен находиться в отношении обозначения к некоторому другому феномену произвольной природы. Последний является объектом знака. Как показал Г. Фреге, в отношении наимено-

вания или обозначения в экстенсиональных языках могут находиться не только отдельные термины (слова), но и высказывания, а также комбинации последних. Эта точка зрения, принимаемая также с некоторыми уточнениями Черчем (54), проводится и в настоящей работе, что представляет значительное удобство, позволяя в дальнейшем отвлекаться от специфики языковых систем как игнорирующих, так и допускающих членение высказываний на составные элементы.

2. Знаки должны отличаться от обозначаемого в каком-то отношении. Причем, чем больше это отличие, тем удобнее ими пользоваться.

3. Различные знаки должны отличаться друг от друга, и этим, между прочим, устанавливается предел, допускающий отличие знака от обозначаемого.

В самом деле, чернильные точки предельно отличаются, скажем, от предметов домашнего обихода. Но поскольку они практически не различимы, описание домашней обстановки, выполненное в виде строки из чернильных точек, каждая из которых означает отдельный предмет, не в состоянии служить средством фиксации адекватного знания.

4. Материал знака должен поддаваться объективной регистрации. При его выборе учитываются требования долговечности, транспортабельности, компактности, удобства пользования и неизменности. Все остальные свойства материала игнорируются.

Известно, что знаками естественного языка могут быть звуковые слова, их графические изображения, а также жесты. Наука, как особая система знаний, нуждается в языке, который отличается от повседневного языка рядом важных черт. Однако так же, как и повседневный язык, язык науки может включать в себя компоненты, относящиеся к различным с точки зрения материала знаковым системам. По чисто практическим соображениям он реализуется в однородных, как правило, графических знаках, хотя в принципе мог бы выполняться и в виде знаков любой другой природы. Из этого следует, что знаки, выполненные в одном материале, могут заменяться знаками другого материала при условии, что они будут соотнесены с теми же объектами и будут отвечать перечисленным выше требованиям. Только с такими знаковыми системами и имеет дело формальная логика. Это положение может быть названо принципом равнозначенности материала знака. С точки зрения

логики, функции знака и результат, полученный при оперировании со знаковыми системами, инвариантны их материалу (например, результат математических вычислений не зависит от материала применяемых знаков). Кроме того, знаки, используемые в логических действиях, рассматриваются в каждом определенном процессе как тождественные и неизменные. Их практическая неидентичность (при повторном написании одной и той же буквы, повторении звукового сигнала и т. п.) совершенно не учитывается. Этим задается важное отличие от других нелогических видов действий со знаками, с одной стороны, и внезнаковой, предметно-орудийной деятельностью — с другой. Искусство отчасти является одной из разновидностей знаковой деятельности, результат которой отнюдь не безразличен по отношению к материалу знака. Что касается предметно-орудийной деятельности, в частности экспериментальной деятельности, то большинство участвующих в ней компонентов вообще не носят знакового характера. Орудия и инструменты не являются знаками обрабатываемых объектов, а результаты их применения зависят не только от конструкции, но и от материала, из которого они изготовлены. Таким образом, самое существенное различие заключается в том, что результат деятельности со знаками не зависит от материала, из которого они выполнены, тогда как результаты предметно-орудийной деятельности в значительной мере обусловлены свойствами материала, из которого сделаны средства, применяемые в этой деятельности.

§ 7. Изолированная знаковая система и знание

Если некоторые материальные феномены, отвечающие только условиям 3 и 4 § 6, не используются с точки зрения их полезности и т. п., а применяются лишь в качестве элементов какой-либо системы, то они не представляют собой знаков. Их следовало бы называть просто значками, а построенные из них системы — значковыми. Однако из чисто стилистических соображений такие феномены и системы продолжают называть знаковыми. Для того чтобы подобные системы могли выступать в качестве средств фиксации знания, необходимо, чтобы по крайней мере часть знаков, входящих в систему, была приведена в определенную связь с некоторым объектом. Знаковые системы, не отвечаю-

щие этому условию и совершенно изолированные от какой-либо системы объектов, рассматриваются логикой как формально-сintаксические и не являются языком в указанном выше смысле слова. При построении подобных систем приходится пользоваться особым языком, метаязыком S_m , знаки которого соотнесены со знаками синтаксической системы. Это неизбежно, так как при помощи метаязыка формулируются правила построения комбинаторной системы. Но этим, очевидно, изолированность последней нарушается, так как устанавливается соотнесенность ее знаков со знаками метаязыка. Поясним это одним простым примером.

Пусть имеется запись: $v = k \frac{s - s_0}{t - t_0}$. Предположим, что нам

неизвестно, к каким объектам относятся символы: v , k , s , s_0 , t , t_0 . Однако и в этом случае можно было бы утверждать, что эта запись фиксирует некоторое знание в математическом равенстве, правая часть которого выражает отношение между двумя видами величин $s - s_0$ и $t - t_0$ и, кроме того, содержит коэффициент пропорциональности k . Возникает иллюзия, будто бы не зная объектов, входящих в запись символов, можно утверждать, что она фиксирует знание о равенстве и отношениях различных величин. Эта иллюзия порождается некоторыми дополнительными сведениями о знаке равенства и знаке делимости, а также о правилах записи и чтении формул, общепринятых в математике. Если исключить все эти сведения, то осуществление таких утверждений становится невозможным. Тем более невозможно утверждение о том, что приведенная запись формулирует закон равномерного прямолинейного движения для механической точки. Возникает вопрос, не могут ли формальные синтаксические системы при каких-либо иных условиях выступать в качестве фиксатора знания? Для получения ответа рассмотрим проблему в общем виде.

Допустим, что мы располагаем некоторым множеством значков. Пусть эти значки записаны в виде трех строчек A , B , C так, что каждая из них соответственно состоит из значков: A из $a_1, a_2\dots$; B из $b_1, b_2\dots$; C из $c_1, c_2\dots$ Будем считать, что, кроме указанного здесь начертания значков и последовательности их записи в строках A , B , C , нам ничего не известно об их взаимных отношениях и связях, а также их отношениях к каким-либо объектам. Если теперь образовать строку D , в которой элементы из A , B , C располагаются произвольным образом, например, $a_3 c_5 b_3 b_4 \dots$,

то вряд ли возможно без дополнительных оговорок утверждать, что данная знаковая система заключает в себе какое-либо знание. Предположим теперь, что мы располагаем некоторым множеством правил, указывающих, каким образом можно образовать из значков в A , B , C некоторые новые строки. Применяя эти правила, построим строку E , имеющую вид: $a_1 a_2 b_1 c_1 b_2 a_3 c_2 a_4 b_3 c_3 b_4 c_4 b_5 a_5 a_6$. Заключает ли строка E какое-либо знание? Рассматривая ее, мы можем обнаружить определенную правильность. Например, что знаки из строки B не стоят рядом, каждая пара знаков из строки B разделена знаками из строки C ; в начале и конце каждой комбинации знаков из строк B и C стоят знаки из строки A . Вследствие этого можно предположить, что E заключает в себе некоторое знание. Так как E является результатом применения упомянутых правил к A , B , C (чем, кстати, нарушается изолированность A , B , C), то в E может определенным образом отображаться знание, заключенное в этих правилах. В подобных случаях в строке E как бы «отпечатывается» знание о правилах построения знаковых систем. Из строки E «вычитываются» знания о знаниях, заключенных в этих правилах. Такую ситуацию мы будем называть транспланированием знания. Возможность транспланирования порождается тем, что для большинства знаковых систем отношение обозначения носит условный и обратимый характер. Знак и его объект, как отмечает Уайтхед, могут меняться местами¹. Возможность транспланирования возникает в таких случаях, когда знаки системы, аналогичные E , не имеющие собственных объектов, но выступающие в качестве объектов метаязыковой системы, начинают рассматриваться (часто бессознательно) как средство фиксации правил своего собственного построения.

Во избежание ошибок, связанных с транспланированием, следует различать частичную и полную изолированность. Первая имеет место, когда некоторая знаковая конструкция не сопоставляется ни с какими объектами, но разрешается ее сопоставление с исходным материалом (в нашем примере элементы из A , B , C) и правилами построения. Вторая имеет место, когда запрещается сопоставление знако-

¹ В теоретико-познавательном аспекте, как справедливо отмечает Резников (42), такое перемещение возможно далеко не всегда. Оно может быть ограничено также и правилами построения самих знаковых систем.

вых конструкций, например D и E , не только с объектами, но и с правилами их построения, а также с правилами чтения и оценки. Ошибка транспланирования, ведущая часто к синтаксическому идеализму, возникает именно в тех случаях, когда при анализе формально-синтаксических систем принцип полной изолированности подменяется частичной изолированностью¹.

Таким образом, из сказанного можно сделать следующие выводы: а) никакая система, составленная из феноменов любой природы и рассматриваемая как изолированная, не фиксирует знание, независимо от того, образована она по определенным правилам или путем произвольного комбинирования; б) знание, получаемое в результате соотнесения данной системы (D или E) с исходным материалом (A , B , C), правилами, а также предложениями, говорящими о некоторых свойствах данной системы, фиксируется не самой данной системой, а другими знаковыми системами (в метаязыке или метаметаязыке).

§ 8. Знаковая система и знание. Формальное строение знания.

Дело коренным образом меняется, если исходная знаковая система, например E , приводится в связь с каким-либо определенным объектом. Когда между знаком (z^0 — фиксатор) и некоторым объектом (O) устанавливается связь (c_0), мы будем обозначать это через (z^0c_0O). Связь, существующая между знаком и его объектом, необходимо отличать от связей, существующих между различными знаками, образующими синтаксическую систему. Связь первого вида реализуется через отношение обозна-

¹ В этом отношении поучителен пример, приводимый Клаусом (24, стр. 209—210). Космонавты застают на Марсе надписи — следы вымершей цивилизации. Отмечая некоторую регулярность и пользуясь основными законами математической логики и исчислением вероятностей, они могут получить некоторые знания относительно обнаруженных записей, например, что это математические предложения. Они могут даже реконструировать в некоторой степени знания, заключенные в этих предложениях. Но все это, разумеется, возможно лишь при условии, что они располагают некоторыми универсальными логическими правилами построения и чтения конечных знаковых систем, знакомы с теорией вероятностей и т. п. В противном случае обнаруженные надписи оказались бы совершенно изолированными системами и говорить о заключенных в них знаниях было бы невозможно.

чения, или в символах: $O\{z^0$. Здесь { — знак, показывающий, что символ, находящийся справа, находится в отношении обозначения к тому, что стоит слева. Связи второго рода реализуются не в отношении обозначения, а через посредство других формально-логических отношений.

Достаточно соотнести хотя бы некоторую часть знаков из исходных строчек A, B, C с какими-либо объектами, например, лампами и электрическими проводами, или точками и линиями, или числами и операциями над ними, как мы получим определенные знания о математических, технических и т. п. объектах. Если знаки в A обозначают различного рода скобки, знаки в B — различные числа, а знаки в C — операции над числами, то мы можем предположить, что строка E есть описание некоторого алгебраического объекта, вроде: $((\alpha + \beta) - (\gamma \cdot \lambda + j))$, или $((j - \alpha) \cdot (\beta - \lambda + \gamma))$, где α, β, γ и т. д. произвольно выбранные числа. Вопрос о том, какое именно из указанных выражений изображается строкою E , может быть решен лишь при дальнейшем уточнении обозначений между элементами A, B, C и соответствующими алгебраическими объектами. Таким образом, знание получается лишь тогда, когда знак соотнесен с объектом, выступающим в виде простого или сложного образования. Процесс установления соответствия между знаковой системой и объектом представляет собой интерпретацию системы. Если интерпретация знаков, входящих в исходные строки A, B, C , проведена достаточно жестко и каждому из них поставлено в соответствие лишь одно и только одно высказывание, лишь одна логическая связка или скобка (соответственно одно сопротивление, лампа, переключатель и т. д.), то каждый знак из исходных строк включается в жесткое отношение обозначения, взаимно-однозначное соответствие, и полученные таким образом системы фиксируют каждый раз вполне определенное знание. Если же исходные знаки включены в отношение обозначения с некоторыми множествами обозначаемых элементов, то они заключают знания об этих множествах, а строка E соответственно может рассматриваться как знак, фиксирующий знание о целом комплексе сходных в некотором отношении объектов, которые образуют совокупность ее онтологических моделей. Возникает вопрос, нельзя ли утверждать, что структура знания имеет вид z^0c_0O и полностью исчерпывается композицией, включающей в себя объект, единичный знак и связь между ними. Такое представление струк-

туры знания вызывает ряд возражений. Обязательная для знания связь, реализуемая через отношение обозначения между знаком и объектом, не существует сама по себе, она устанавливается некоторым определенным актом социальной практики, научным экспериментом или теоретическим исследованием. Формальная логика отвлекается от того, каков именно этот акт, ибо такого рода вопрос относится к компетенции теории познания и специальных наук. Но она ни в коем случае не может отвлечься от самого наличия такого акта, так как в противном случае было бы невозможно в принципе установить соответствие между знаком и обозначаемым. В этом смысле можно согласиться со схемой установления соответствия между знаком и объектом, предлагаемой Огдоном и Ричардсом (87, стр. 11):

акт установления обозначения
(Thought of Reference)

знак (symbol)  объект (referent)

Пунктирная линия показывает, что «естественной», так сказать, природной, непосредственной связи между знаком и объектом нет и что она устанавливается косвенно как результат определенного вида человеческой деятельности (по сторонам треугольника)¹.

В самом деле, даже такой простой термин (знак), как «дом», может служить обозначением отдельного явления лишь при условии, что он соотнесен с некоторым объектом посредством того или иного акта, например, при помощи вербального определения или посредством указательного жеста: Но и указательный жест (остенсивное определение) выступает как некоторый знак (или совокупность знаков), необходимых для того, чтобы основной термин «дом» был приведен в соответствие с некоторым объектом и мог включать в себя знание о нем². К тому же сам указательный жест может быть использован в качестве знака, устанавливающего отношение обозначения между словом «дом» и объектом

¹ Семантический треугольник Огдона и Ричардса приведен здесь с некоторым упрощением. Перевод терминов сделан в соответствии с терминологией, принятой в настоящей работе.

² Следует подчеркнуть, что указательные жесты являются простейшим элементом человеческого языка. В этом их роль и в генетическом и в функциональном отношении совпадает. Это обстоятельство было отмечено Вундтом (99, стр. 219) и подтверждается данными экспериментальной психологии (12, стр. 123).

«дом» лишь при наличии определенных семантических правил, сформулированных явным или неявным образом. Таким правилом может быть: «некоторое слово является знаком (именем) того объекта, на который мы указываем рукой в момент произнесения слова». Следовательно, знак «дом» включается в связь с системой других знаков, знаков метаязыка. Игнорирование того, что данный знак-фиксатор приводится в связь с объектом лишь на основании применения других знаковых средств, позволяет констатировать наличие некоторого образования, фиксирующего знание, но исключает всякую возможность исследовать логическую структуру знания. Таким образом, использование определенного знака как носителя знания невозможно без включения этого знака в связь с другими знаками, их комбинациями и знаковой системой в целом. В противном случае фиксатор не может быть включен в S , то есть язык, выступающий как средство фиксирования знания.

Итак, для того чтобы знак мог выступать как носитель знания, он должен, с одной стороны, находиться в связи с обозначаемым объектом, а с другой стороны, находиться в связи с другими знаками, относящимися к языковой системе (S), которую можно представить так: $z^0 c_1 z^1 c_2 z^2 c_3 \dots$. Символы $c_1, c_2 \dots$ обозначают различные логические связи, а символ z с такими же индексами — знаки, включенные в систему S . Как уже отмечалось, связи $c_1, c_2 \dots$, объединяющие z^0 с другими знаками системы S , обладают иным характером, чем связь c_0 , объединяющая z^0 и O . Однако в записи $z^0 c_0 O$ мы специально опускаем знак {}, дабы подчеркнуть, что, несмотря на все отличия c_0 от c_1, c_2, \dots , речь идет именно о связях и притом связях, наличие которых является необходимой предпосылкой всякого знания¹. Эта двусторонняя связь c_0 с объектом O и другими знаками системы представляет важнейшую черту формально понимаемого знания. Разумеется, в конструкции знания каждый из знаков $z^1, z^2 \dots$, относящийся к системе S , может быть в свою очередь включен в систему такой двусторонней зависимости. Однако для нас существенно

¹ Мы здесь сознательно отвлекаемся от синтаксического, семантического и pragmaticalных аспектов анализа знака, ибо выяснение формального строения знания предполагает как раз обнаружение тех пунктов, в которых семантические и синтаксические характеристики языка сливаются воедино, а не расчленяются

не это, а то, что выделение некоторого системного образования, состоящего из взаимосвязанных компонентов $z^0 c_0 O$ и $z^0 c_1 z^1 c_2 z^2 \dots$, образует условие, позволяющее логическими средствами выделить знание в качестве объекта формально-логического исследования. Если отвлечься от того, что в системе $z^0 c_1 z^1 c_2 z^2 c_3 \dots$ число связей c и элементов z не определяется точно (мы оставляем открытым вопрос о том, возможно ли в принципе такое определение) и обозначить некоторое практически необходимое или определенное конвенцией число таких компонентов через $\Sigma z^i c_k$, то знание, выделенное в качестве объекта логического исследования, образует систему, которая может быть записана в виде: $|O| = (z^0 c_0 O) \cdot (\Sigma z^i c_k)$, где $i = 0, 1, 2, 3 \dots k = 1, 2, 3 \dots$. В этой записи символ $|O|$ обозначает знание как объект логического исследования и его не следует отождествлять с O , являющимся объектом знания. Знак « \cdot » обозначает, что выражения, стоящие справа и слева от него, имеют место одновременно (существуют). Так как число связей в системе S может колебаться в весьма широких пределах, то в выражение под знаком Σ введены переменные числовые индексы k и i . Выражения, стоящие слева от соединительного знака « \cdot », будем называть «группой значения» или «фиксющей группой»; выражения, стоящие справа, — «смысловой» или «регулирующей».

В современной логической литературе семантический анализ терминов «смысл» и «значение» был впервые предпринят Фреже (74), указавшим, что термины эти характеризуют различные стороны и отношения языковых выражений. Значение знака образует обозначаемый им объект. Смысл выражается совокупностью других знаков, указывающих признаки или «адрес», т. е. способ, позволяющий отыскать значение знака-фиксатора. Так, значением термина «центр равностороннего треугольника» (z^0) является особая точка (O); смысл же этого термина ($\Sigma z^i c_k$) определяется выражениями: «лежит на пересечении двух любых биссектрис» или «лежит на пересечении двух любых медиан». В общем случае оба эти смысла различны, но в равностороннем треугольнике они позволяют отыскать один и тот же объект (O). Такое применение терминов «значение» и «смысл» в основном сохранилось у ряда логиков и математиков до настоящего времени, хотя в понимание этих терминов и были внесены некоторые изменения (сравни 54). Однако учитывая, что сами эти термины весьма многозначны (Огдон и

Ригардс показали, что только термин «значение» имеет 16 различных значений) и не могут одинаковым образом применяться в различных языках, мы будем пользоваться в дальнейшем этими терминами не как специальными логическими, а как обычными стилистическими выражениями. Тем не менее названия «группа значения» и «смысловая группа» представляются вполне целесообразными, так как позволяют выделить в системе $|O|$ структурные образования, играющие различную роль в построении системного объекта, который мы рассматриваем как знания или единичные знания.

Подытоживая сказанное в §§ 6—8, можно сделать следующие выводы.

1. Знание, рассматриваемое формально, представляет собой сложный объект, выступающий как системное образование. Это следует постоянно иметь в виду, ибо процесс функционирования знания может быть рассмотрен лишь при условии, что оно выступает не как монолитное, но как дифференцированное системное целое.

2. Образующими знания являются: а) связи, позволяющие установить для знака-фиксатора двоякого рода отношения внутри системного объекта $|O|$: отношение обозначения и различные логические отношения; б) знаки, входящие в ту или иную языковую систему; в) объект знания.

Выяснение отношений между элементами, образующими знание, позволяет выделить формальные структуры знания. Откладывая их рассмотрение до IV главы, укажем, что без установления системной природы знания анализ его структуры был бы невозможен.

§ 9. Трудности, связанные с анализом знания

Трудности, связанные с анализом знания, вызываются прежде всего различиями в понимании природы объектов знания и строения знания как объекта логического исследования. Рассмотрим два характерных определения знания, бытующих в зарубежной логике науки.

а) Согласно одному определению, знание является социальным продуктом, результатом связи между людьми, основанной на использовании общих представлений о фактах (90, стр. 123). При этом под фактом понимается все

то, что существует. Существование истолковывается как нахождение во времени и пространстве.

б) Согласно другому определению, необходимые и достаточные условия для знания того, что что-то произошло, следующие: 1) что некто знает, что это истина; 2) что он уверен в этом и 3) что некто имеет основания быть уверенным в этом (59, стр. 34).

Можно было бы привести еще несколько подобных определений, однако и этого достаточно, чтобы сформулировать существо проблемы.

Бессспорно правильно, что знание является продуктом социальной деятельности и формируется в процессе общения. Но если согласиться с определением (а), согласно которому объектом знания являются лишь протяженные и фиксированные во времени феномены, то следуют два вывода: либо что все высказывания о числах, суждениях и тому подобных феноменах, не обладающих пространственной протяженностью, не выражают знания; либо что знания об этих феноменах не имеют объектов (фактов — в терминологии определения (а)). Первая альтернатива ведет к исключению из сферы познания всего многообразия явлений, созданных интеллектуальной деятельностью; вторая — к концепции знания, допускающей возможность знания вне какого-либо отношения к объекту.

В соответствии с определением (б), знание рассматривается как феномен, возникающий в результате уверенности в истинности и права быть уверенным. Это в конечном счете чисто психологические характеристики, придающие даже такой логико-гносеологической категории, как истина, оттенок субъективности. С этой точки зрения, наличие объекта знания не является необходимым, так как «...ведет к ошибочным взглядам относительно зависимости вопросов о критерии знания от вопросов о действительности» (59).

Значительные трудности возникают при анализе знаний о различных видах деятельности и прежде всего познавательной. Анализируя познание, мы, как правило, противопоставляем изучаемые объекты различным видам интеллектуальной и предметно-практической деятельности, с помощью которой мы осуществляем операции над объектами. Однако знания о самой этой деятельности могут представлять особый интерес, например с точки зрения методологии. И в этом случае исследовательскую деятельность в целом или образующие ее операции можно рассматривать как

особые объекты знания о деятельности. Но тогда возникают сложности, связанные с многозначностью понятия «объект», классификацией объектов, разграничением объектов и операций над ними. Как одно из возможных решений этих трудностей иногда предлагается считать, что знание о деятельности не является знанием об объектах. Некоторые авторы, кроме того, высказывают предположение, что знания о будущих событиях также не имеют объекта, так как ими фиксируется событие, которого нет в момент произнесения высказывания. Аналогичные замечания можно сделать относительно знаний о прошлом. Подобный взгляд предполагает, что в русле обсуждения вводится проблема времени, хотя, вообще говоря, она не играет сколько-нибудь существенной роли при решении логических проблем и выступает по отношению к ним как нечто внешнее. Нетрудно заметить, что во всех указанных случаях наиболее существенным является вопрос о понимании природы объекта знания и его логическом статусе.

Поэтому задача дальнейшего обсуждения состоит в выяснении того, что следует считать объектом знания и насколько применимо установленное в § 8 представление о формальном строении знания к его различным видам.

Термин «объект», как и большинство терминов естественного языка, весьма многозначен. В одних случаях его используют для обозначения статичных феноменов в противоположность динамичным, называемым процессами; в других — для обозначения особой группы явлений, выделяемых в силу тех или иных соображений; в третьих (например, при анализе процесса труда) — как обозначение того, над чём совершается действие в отличие от того, чем оно совершается (объект и орудие труда), и т. д. Чтобы избежать осложнений, связанных с многозначностью этого термина, и выяснить, в каком смысле он применяется в анализе систем научного знания, ознакомимся прежде всего с некоторыми распространенными концепциями объекта.

§ 10. Анализ и критика основных концепций объекта

В зарубежной логической литературе по вопросу об объекте знания различаются две диаметрально противоположные точки зрения: радикального эмпиризма и реализма.

С точки зрения радикального эмпиризма, объектом знания могут быть лишь индивидуальные, чувственно воспринимаемые феномены, например, данное дерево, данная наблюданная звезда и т. д. С развитием средств экспериментального исследования к физиологическим рецепторам, фиксирующим чувственно воспринимаемые явления, были добавлены также и все иные технические средства фиксации, например визуальные средства — микроскопы, телескопы и т. д., различного рода измерительные приборы, фиксирующие изменения в объекте изменением в положении стрелки на циферблате, подвижной планки на шкале, яркости контрольной лампочки и т. п. Таким образом, радикаль-

ный эмпиризм признает в качестве единственно реальных, настоящих, подлинно существующих только феномены, регистрируемые какими-либо внезнаковыми средствами, включая органы чувств и имитирующие их технические устройства. Все остальные феномены, например мыслимые, воображаемые, поддающиеся фиксации лишь на основе знаковых средств, объявляются фиктивными, не обладающими подлинным существованием. Совершенно отчетливо эта позиция сформулирована в ранних работах Карнапа. «Важно обратить внимание на то, что логические и математические предметы не являются собственно предметами в смысле реальных предметов (объектов реальных наук). Логика (включая и математику) состоит только из конвенциональных установлений об употреблении знаков, а также из тавтологий на основании этих установлений.

Знаки логики (и математики) обозначают не предметы, но служат только для символического описания этих установлений. Предметы же в смысле реальных предметов (включая и квазипредметы) представляют собой основные отношения и конституируемые из них предметы» (67, стр. 150).

Квазипредметами Карнап называет объекты, недоступные непосредственному физическому наблюдению, но построенные рядом опосредующих интеллектуальных операций, включая операции абстрагирования и систему логических переходов из феноменов, поддающихся чувственной регистрации. С точки зрения эмпиризма, квазипредметы (мы предпочли бы сказать квазиобъекты) также не существуют в том смысле, в каком существуют чувственно воспринимаемые индивидуальные объекты. Но так как они могут быть в конечном счете сведены к последним, то за ними все же сохраняется право называться объектами. Например, «физическое тело» не регистрируется никакими внезнаковыми средствами, но поскольку можно указать процедуру экспериментальной фиксации различных индивидуальных физических тел, «физическое тело» можно рассматривать как реальный объект, относящийся к области физики.

Напротив, «число» или «суждение» не представляют с этой точки зрения реального объекта знания, так как не имеется никакой экспериментальной незнаковой конструкции, фиксирующей индивидуальные числа и суждения.

Взгляд современного эмпиризма на объект знания целиком определяется тем, что в качестве единственного критерия

существования объекта признается эмпирическая экспериментальная проверка. Объект считается существующим, если он может быть фиксирован средствами внезнакового контроля в системе предметно-орудийной, экспериментальной деятельности. В этом требовании фокусируются слабые и сильные стороны эмпиризма. Само требование эмпирической проверяемости знаний является обобщением опыта экспериментального естествознания нового времени.

Но в крайней форме оно таит в себе большую опасность, заключающуюся в том, что значительная часть объектов научного знания, фиксируемых лишь в знаковой форме и не сводимых полностью или частично к объектам, регистрируемых предметно-орудийными средствами, вообще элиминируются из рассмотрения и объявляются несуществующими.

Так как с позиций радикального эмпиризма каждый индивид берется как отдельный объект, построение систем научного знания (в частности, теоретического) оказывается практически невозможным, ибо, во-первых, тем самым под сомнение ставится возможность сформулировать законы науки, поскольку законы относятся не к поведению эмпирически фиксируемых индивидуальных феноменов с принципиально бесконечным числом свойств, а к некоторым идеализированным объектам с ограниченным числом свойств и характеристик (вспомнить хотя бы законы механики, описывающие поведение механической точки в некоторых идеализированных условиях, и т. п.); во-вторых, количество знаков, различающих индивиды и высказывания о них, в каждый момент времени оказывается бесконечно большим, так как число таких индивидов бесконечно. Далее, само понятие индивидуального, чувственно воспринимаемого предмета не дано непосредственно. Если собака рассматривается как индивидуальный, эмпирически регистрируемый объект (например, посредством визуального наблюдения), то почему, в принципе, нельзя в качестве таких же индивидуальных объектов, регистрируемых столь же эмпирическим путем, рассматривать отдельные органы собаки или образующие их клетки (как это возможно на анатомо-физиологическом и гистологическом уровнях анализа)? Последовательно переходя ко все более низким уровням рассмотрения, например, к атомному и молекулярному, мы сталкиваемся с ситуацией, когда не только невоз-

можно фиксировать выделенный первоначально индивид, но, как говорит Н. Бор, невозможно даже установить границы, отделяющие данный объект от окружающей среды (5, стр. 23). В силу этого необходимо признать, что даже выделение таких, казалось бы, бесспорно индивидуальных феноменов, как «данная собака», «данний стул», связано с выбором уровня исследования и средств фиксации.

Все это делает позиции радикального эмпиризма весьма уязвимыми.

С точки зрения реализма, объектами знания являются любые мыслимые непротиворечиво феномены. Более того, последовательный реализм, восходящий к пифагореизму и платонизму, утверждает, что именно такие феномены являются непосредственными объектами знания, ибо только они не подвержены никаким случайным, эмпирическим, логически не контролируемым воздействиям. Подобные феномены обладают вполне реальным существованием и на протяжении всего процесса научного рассуждения сохраняют тождественность самим себе, тогда как эмпирически фиксируемые объекты находятся в состоянии постоянных изменений, и поэтому высказывание, сделанное об одном из таких состояний, не может в той же мере относиться к другому состоянию объекта, отличающемуся от первоначально-го хотя бы в самой малой степени. Иначе говоря, если определенное состояние данного физического объекта, обозначенное через O_1 , отличается в эмпирически фиксируемом отношении от другого состояния, обозначенного через O_2 , и мы имеем функцию $P(x)$, такую, что $P(O_1)$ является истиной, то $P(O_2)$ не может быть истиной в той же мере. Тем не менее в практике научного мышления мы постоянно делаем высказывания и приписываем предикаты объектам, игнорируя их постоянную изменчивость и некоторое экспериментально фиксируемое различие в их состояниях. Следовательно, мы оперируем не непосредственно чувственно данными индивидуальными объектами, но некоторыми идеальными, или, лучше сказать, идеализированными объектами. Признание существования подобных объектов образует необходимую предпосылку развития точного и непротиворечивого знания, которое не может быть образовано относительно так называемых индивидуальных феноменов. Особенность объектов в этом понимании состоит в том, что они фиксируются лишь знаковыми средствами. Эта точка зре-

ния наиболее отчетливо сформулирована в ранних работах Рассела. «Все, что является объектом мысли или о чем говорится в ложном или истинном высказывании, или что принимается как таковое, я называю термином. Это слово является самым широким в философском словаре.

Я буду использовать как его синонимы: целое, индивид и существо. Первые два термина подчеркивают то, что термины представляют собой единство (*is opē*), в то время как третий подчеркивает, что каждый термин обладает существованием, т. е. существует в некотором смысле. Человек, момент, число, класс, отношение, химера — короче, все, что может быть упомянуто, является термином, и отрицать, что та или иная вещь является термином, ошибочно... В действительности, термины обладают всеми свойствами, присущими субстанциям или тому, что существует самостоятельно. Начнем с того, что каждый термин является логическим предметом: это, например, предмет высказывания, которое само является предметом. Каждый термин является неизменным и неразрушимым. Термин есть то, что он есть, и в нем нельзя усмотреть никаких изменений, способных нарушить его идентичность и сделать его другим термином... Среди терминов можно различить два вида, которые я соответственно называю вещами или понятиями» (91, стр. 43—44). Это рассуждение отчетливо обнаруживает противоположность концепции реализма и радикального эмпиризма по вопросу о природе объекта знаний.

Учитывая, что наука представляет собой систему знаний, фиксированных посредством различных знаковых комбинаций, можно согласиться с тем, что объекты, вводимые в научные системы, также должны выступать в знаковой форме.

Отмечая эту особенность и абстрагируясь от всех других, можно утверждать, что любая система знаний не может обойтись без объектов, существующих в знаковой форме, форме слов и их сочетаний. А так как каждое слово есть результат и средство абстракции (4), то наука, рассматриваемая как система готового знания, имеет дело с абстрактными, или идеализированными, объектами.

Введение этих объектов в систему научных знаний осуществляется на основе различных видов абстракций, нередко отличающихся друг от друга в пределах одной и той же науки. Примером этого могут служить различные идеали-

зации, допускаемые в теории турбулентного движения жидкости, зависящие от того, изучаем ли мы объект статистическими или нестатистическими методами. Утверждая, что объекты знания представляют собой идеализированные объекты, полученные на основе различных видов абстракции, следует постоянно иметь в виду, что исходным материалом этих абстракций являются чувственно воспринимаемые феномены. Человек создающий знания и вырабатывающий идеализированные объекты, живет в мире вещей, являющихся объектами его предметно-орудийной деятельности, на основе действий с которыми и вырабатываются объекты знания.

Поэтому подлинный идеализм реалистической концепции заключается не в признании существования идеализированных объектов, а в утверждении независимости идеализированных объектов от каких бы то ни было внезнаковых прототипов и даже в игнорировании объективной реальности последних. Идеализированные объекты в этом случае выступают не как результат абстракции на основе отражения объективной реальности, а как нечто самодовлеющее, не зависящее от нее. Такая позиция делает невозможным какой бы то ни было переход от объектов знания к чувственно осязаемым объектам, с которыми человек имеет дело в своей практической предметно-орудийной деятельности.

Анализ основных концепций объекта позволяет указать причины их неудовлетворительности. Они заключаются в том, что реализм, рассматривая лишь системы готового знания, игнорирует процесс его получения и поэтому, обращая внимание лишь на идеализированные объекты, объекты знания, принимает их за единственный вид объектов. Эмпиризм, напротив, интересуясь исходным пунктом получения знания, признает лишь объекты предметно-орудийной деятельности, элиминируя даже саму возможность объектов иного рода. Такое резкое противопоставление различных видов объектов есть результат абсолютизации двух взаимосвязанных сторон познания.

Очевидно, главная задача заключается в том, чтобы, преодолев принципиальные недостатки концепций радикального эмпиризма и реализма по вопросу об объекте знания, выявить заключающиеся в них рациональные моменты и использовать их при выработке адекватного логического понимания объекта.

§ 11. Абстрактные объекты и объекты предметно-орудийной деятельности

Первым и наиболее существенным результатом нашего обсуждения следует считать различие двух видов объектов: объектов предметно-орудийной деятельности (O^*) и объектов, регистрируемых и функционирующих в знаковой форме (O^{**}). Следует специально подчеркнуть, что это различие не идентично различию между чувственно воспринимаемыми и невоспринимаемыми объектами, ибо объекты, фиксированные в знаковой форме, также регистрируются определенными чувствующими рецепторами. Сущность различия, таким образом, определяется средствами регистрации и фиксирования. Для O^{**} — это знаковые средства, для O^* — незнаковые, предметно-орудийные. Такое понимание критерия различия основных видов объектов чрезвычайно важно для рассмотрения интересующей нас проблемы. Прямыми следствием этого являются две задачи: выяснить, каким образом связаны объекты этих двух видов в генетическом и функциональном плане и в каком смысле можно говорить об их существовании. Решение этих задач не может быть получено средствами чистой логики и требует обращения к теории познания и методологии.

Исходным пунктом дальнейшего анализа является признание того, что объекты второго вида генетически связаны с объектами предметно-орудийной деятельности. Средством перехода от объектов типа O^* к объектам типа O^{**} является процесс абстракции¹. Этот процесс детально исследован и описан проф. Д. П. Горским (14). Он различает несколько видов абстракций, важнейшими из которых являются: абстракция отождествления; изолирующая или аналитическая абстракция; процесс конструктивизации; отвлечение от невозможности осуществления наблюдения; процесс идеализации и т. д. В основе всех этих видов абстракций лежат отношения типа равенства, допускающие условные отождествления сопоставляемых индивидов, относящихся к O^* , или их различающихся состояний. Не останавливаясь на

¹ В дальнейшем выражения «объект, регистрируемый предметно-орудийными средствами» и «объект предметно-орудийной деятельности» будут употребляться как идентичные

деталях, укажем, что перечисленные виды абстракции следует рассматривать не в виде самостоятельных актов, как это делает Д. П. Горский, а как элементы или моменты, с большей или меньшей отчетливостью наблюдаемые в любом процессе абстракции. Это хорошо иллюстрируется процессом выработки абстракции геометрической окружности. Геометрическая окружность определяется как место точек, равно удаленных от данной. Поскольку все округлые объекты, фиксируемые в предметно-орудийной деятельности, подвергаются различным изменениям, то абстрагирование идеального объекта «круг» предполагает, во-первых, отождествление каждого круглого предмета (колесо, тень земли на лунном диске и т. п.) с самим собой (абстракция конструктивизма); во-вторых, выделение визуально наблюдаемой геометрической формы в качестве единственного рассматриваемого свойства (изолирующая абстракция); в-третьих, отождествление построенных таким образом абстракций друг с другом; в-четвертых, отвлечение от невозможности наблюдать все состояния и практически измерить все радиальные расстояния для всех фиксированных точек; в-пятых, осуществление предельного перехода от графически представленной, и потому несовершенной, формы окружности к идеализированному объекту, выраженному в аналитической форме. Аналогичным образом может быть представлен процесс построения других абстракций, например, бесконечного равномерного прямолинейного движения механической точки при отсутствии внешнего воздействия и т. п.

В результате процессов абстракции возникают феномены, регистрируемые уже знаковыми средствами и называемые абстракциями (не путать абстракцию как процесс и абстракцию как результат процесса). По мнению Д. П. Горского, абстракции могут быть условно поделены на абстрактные предметы, идеализированные объекты и понятия. Для различия этих видов абстракций применяются пропозициональные функции $P(x_1 \dots x_n)$. Пустые места $x_1 \dots x_n$ замещаются индивидуальными постоянными, обозначающими различные феномены в области O^* , на базе которой осуществлялось построение абстракции, фиксированной в P .

а) Если выражение, полученное при подстановке в пропозициональную функцию $P(x)$ индивидуальной константы, обозначающей явление из области O^* , оказывается бессмыслицей, то абстракция, фиксированная в P , рассматривает-

ся как абстрактный предмет. Например, пусть P — «твёрдость», а O^* — совокупность физических тел, на базе которых была построена абстракция P . При подстановке в $P(x)$ константы «алмаз» получаем: «алмаз-твёрдость», т. е. бессмыслицу.

б) Если при соответствующей подстановке функция $P(x)$ оказывается не бессмысленной, а тождественно ложной, то абстракция, фиксированная в P , рассматривается как идеализированный объект. Допустим, что O^* остается прежним, а P — «абсолютно твердое тело». Подставляя в функцию $P(x)$ индивидные константы, получим: «алмаз — абсолютно твердое тело», «кремень — абсолютно твердое тело» и т. д.

Все получаемые таким образом высказывания будут ложными.

в) Наконец, если при аналогичных подстановках в соответствующую пропозициональную функцию образующиеся высказывания получают как значение «истина», так и «ложь», то абстракция, фиксированная в P , рассматривается как понятие. Например, если P — «твёрдое тело», то «алмаз — твердое тело», «кремень — твердое тело» — истинные высказывания, а «ртуть — твердое тело» — ложное и т. п.

Однако средства, указанные Д. П. Горским, представляющие известные удобства при классификации абстракций, не следует абсолютизировать, так как закрепленные в них различия носят условный и контекстуальный характер, во многом зависящий от особенностей естественных языков. В самом деле, предложения «алмаз — твёрдость» и «алмазу присуща твёрдость» получены из одноместной функции $P(x)$, с той лишь разницей, что в первом случае перевод логически корректного предложения на естественный язык осуществлен неправильно, тогда как во втором — правильно.

Достаточно придать предложениям с указанными предикатами корректный с точки зрения естественного языка вид, чтобы без труда убедиться в правильности этого тезиса. Например, «Алмаз — твёрдый», «Алмазу присуща твёрдость», «Алмаз — сама твёрдость» и т. д. — все эти предложения одинаково осмыслены. Следовательно, применение рассмотренных критериев, особенно для случая а), предполагает: 1) выявление конкретных особенностей данного естественного языка и устранение всего того, что

затемняет его логическую структуру; 2) уточнение контекста, в котором употребляется данная абстракция. Например, в контекстах: «Алмазу присуща твердость» и «Твердость есть физическое свойство», абстракция «твердость» фигурирует различным образом.

В первом случае — как абстракция, фиксирующая свойства, областью определения которой является множество минералов с различными физическими свойствами. Во втором — как объект, сам относящийся к области определений абстракций более высокого порядка. Одна и та же абстракция в зависимости от функционального контекста может выступать то как понятие об объекте, то как идеализированный объект, о котором делается высказывание¹. Так, абстракция «число» может рассматриваться как понятие, фиксирующее определенные свойства различных систем объектов. И в этом смысле «число» есть понятие математики, полученное посредством абстракции, исходный пункт которой образуют отношения между объектами вида O^* . Но в математике (например, теории чисел) «число» может рассматриваться как исходный объект, для которого строятся особые понятия: «простое», «четное», «положительное», «отрицательное» и т.д., отражающие свойства объекта и отношения между объектами. Способность абстракций выступать в различной роли хорошо иллюстрируется следующим примером. Воспользуемся абстракциями 2 и 3. Если они рассматриваются как математические объекты, то 2×3 дает новый объект 6. Если они рассматриваются как понятия об объектах, то $2 \cap 3$ оказывается пустым классом, так как ни один математический объект не обладает одновременно свойством быть четным и нечетным (\cap — символ умножения в логике классов). Различие результатов в обоих случаях объясняется тем, что одни и те же абстракции выступали здесь в различных ролях, как числа в первом и как понятия о числах — во втором.

Отвлекаясь от этих различий в контекстуальном использовании абстракций, мы будем называть их в дальнейшем идеализированными или абстрактными объектами. Формальное различие, фиксированное в пунктах а), б),

¹ Согласно точке зрения Е. К. Войшвилло, понятие следует рассматривать не как объект, а как специфицированную переменную. Однако эта точка зрения не всегда может быть проведена последовательно, и в ряде случаев сам автор вынужден рассматривать понятия как особый объект (11).

в), сохраняет свое значение, но не как радикальное средство отделения идеализированных объектов от понятий и абстрактных предметов, а как способ формального определения того, какую логическую роль играет данный идеализированный объект в определенном контексте. Оно позволяет выяснить некоторые существенные особенности объектов знаний, остающихся в тени, пока речь идет о генетических связях между объектами вида O^* и O^{**} , но выступающих на передний план, как только мы начинаем рассматривать проблему с функциональной точки зрения.

Генетический подход выясняет, что такие абстрактные объекты, как «круг», «идеальный газ», «механическая точка», «число» и т. п., образуются из объектов предметно-орудийной деятельности в процессе абстрагирования. Однако, рассматривая образование таких абстрактных объектов, как «неевклидово пространство», «кватернионы» и т. п.¹, мы не можем отыскать исходные пункты абстракции в области O^* . Таким образом, мы вынуждены предположить, что довольно обширный класс абстрактных объектов образуется не при непосредственном переходе от предметно-орудийной деятельности к знаковой, а в системе знаковой деятельности средствами логической процедуры.

Дальнейшее исследование функциональных взаимосвязей и статуса объектов предметно-орудийной деятельности и объектов знания требует введения и экспликации важного методологического понятия — понятия «уровня».

§ 12. Определения уровня объекта исследования

В настоящем параграфе предпринимается попытка заменить интуитивное понимание уровня объекта исследования определениями, допускающими точную количественную оценку. Рассмотрим с этой целью два примера: первый, относящийся к области математики, второй — физики.

Пример первый. Пусть нам дано множество элементов произвольной природы. Это могут быть числа, многочлены, функции и т. п. Будем рассматривать это множество в ка-

¹ Это, конечно, отнюдь не исключает возможность применения подобных абстракций для описания и изучения объектов предметно-орудийной деятельности.

честве исходного объекта — O^0 , или объекта нулевого уровня. Допустим также, что элементы, образующие O^0 , каким-то способом различимы. Пусть даны независимые алгебраические операции f_0 и f_1 , которые мы будем называть сложением и умножением. Операциям f_0 и f_1 могут соответствовать обратные им операции f_2 и f_3 , т. е. вычитание и деление. Алгебраическая операция считается определенной в некотором множестве E , если двум любым элементам a и b этого множества она ставит в соответствие элемент c из того же множества. Операции f_0 , f_1 и обратные им f_2 и f_3 могут обладать различными свойствами. Они, например, могут быть (или не быть) ассоциативными и коммутативными, могут обладать одним из этих свойств или обоими одновременно. Кроме того, f_0 и f_1 могут быть связаны законом дистрибутивности. Предположим теперь, что определена операция f_0 и обратная ей f_2 и пусть f_0 обладает свойством ассоциативности, тогда из исходного объекта O^0 выделяется новый объект — O^1 , называемый в алгебре ассоциативной группой сложения, элементы которого удовлетворяют заданным операциям. Если f_0 в дополнение к свойству ассоциативности обладает также свойством коммутативности, то мы получаем коммутативную группу сложения. Взяв вместо f_0 операцию f_1 (и обратную ей f_3), получим либо ассоциативную группу умножения (если f_1 обладает лишь свойством ассоциативности), либо абелеву группу (если f_1 также и коммутативно).

Таким образом, объект O^1 выделяется из O^0 при помощи одной независимой алгебраической операции f_0 или f_1 , могущей обладать тем или иным набором свойств.

Допустим теперь, что мы определяем f_0 , f_1 как операции, обладающие каждая свойством ассоциативности и коммутативности, а также связанные между собой законом дистрибутивности, и принимаем, что для f_0 есть обратная операция f_2 . Применение определенных таким образом операций с указанным набором свойств и взаимосвязей к исходному объекту O^0 позволяет выделить из него новый объект — O^2 , называемый коммутативным кольцом. Наконец, добавив к f_0 , f_1 и f_2 операцию f_3 , мы можем выделить из исходного объекта объект O^3 — алгебраическое поле¹.

¹ Мы не касаемся здесь деталей, связанных с делением на нуль, определением делителя нуля и т. п., поскольку они подробно освещаются в любом вузовском курсе алгебры.

Отметим теперь, что для определения математических особенностей объектов O^1 , O^2 и O^3 существенно как число, так и специфика операций, при помощи которых эти объекты строятся, или выделяются, из исходного объекта O^0 . Так, O^1 выделяется при помощи двух операций: f_0 и противоположной ей; O^2 — при помощи трех операций; O^3 — четырех. Причем сами эти операции, как было показано, отличаются рядом свойств. Для операции сложения при построении аддитивных групп достаточно лишь ассоциативности, для операции сложения при построении колец необходимы как ассоциативность, так и коммутативность.

Рассмотрим теперь следующий пример. Пусть в качестве исходного объекта O^0 берется кусок металла. И пусть определены две предметно-орудийные операции ϕ_1 и ϕ_2 , первая из которых представляет операцию взвешивания, а вторая — измерения объема. Известно, что результаты этих операций зависят от двух моментов — технических качеств регистрирующих устройств и способов их применения. Поэтому сразу же указываем, что ϕ_1 осуществляется при помощи пружинных весов первого класса техническим методом, т. е. однократным взвешиванием, ϕ_2 осуществляется путем погружения исходного объекта в сосуд с жидкостью, снабженный рисками. Повышение и понижение уровня жидкости между двумя соседними рисками при погружении тела в жидкость фиксирует изменение объема на единицу. Измерение объема также проводится техническим методом, т. е. однократным погружением. Пусть теперь осуществление операции ϕ_1 ведет к обнаружению, что вес исходного объекта равен P , а применение ϕ_2 — к установлению, что его объем — V . Тогда удельный вес (U) будет представлять собой абстракцию, возникающую при применении к полученным результатам P и V операции деления, т. е. $U = \frac{P}{V}$.

Однако вполне возможно, что по условиям эксперимента обработка исходного объекта ведется с применением лабораторных методов ϕ'_1 и ϕ'_2 , включающих многократные измерения, результаты которых подвергаются затем статистической обработке и соответственно равны P' и V' , которые несколько отличаются от P и V . Соответственно с этим мы получим: $U' = \frac{P'}{V'}$. U и U' могут быть объектами специального физического исследования, имеющего целью выяснить зависимость удельного веса от различных факто-

ров. Мы можем поэтому рассматривать U и U' как объекты O^1 и O^2 , полученные из исходного объекта O^0 применением операций ϕ_1, ϕ_2 и ϕ'_1, ϕ'_2 , а также операции деления.

Даже при беглом сопоставлении процедур выделения производных объектов O^1, O^2 и т. д. в предыдущем и данном примерах легко заметить, что различия между производными объектами зависят от количества и свойств применяемых операций. В примере с удельным весом одинаковой для обоих случаев является лишь операция деления. Зато предметно-орудийные операции заметно отличаются, так как получение P' и V' предполагает многократные измерения и статистические расчеты, которые отсутствуют при получении P и V . Можно предположить и более сложные процессы, в которых выделение производных объектов из исходного реализуется не только аналогичными операциями с различными свойствами, но и различным числом таких операций. Не останавливаясь на этой стороне дела, поскольку она не представляет трудностей, рассмотрим внимательнее наши примеры. В отличие от предыдущего примера, где исходный объект с самого начала представлял собой некоторое знаковое образование, фиксирующее математические абстракции, во втором примере исходный объект представляет собой объект предметно-орудийной деятельности, поэтому сразу же можно утверждать, что понятие «объект нулевого уровня», т. е. «исходный объект», не идентично понятию «объект предметно-орудийной деятельности».

Множества всех известных чисел и кусок металла, являющиеся исходными объектами в наших примерах, принадлежат к разным областям, а именно к области O^{**} и O^* соответственно, однако выполняют одну и ту же функцию — функцию объекта нулевого уровня, операции над которыми позволяют перейти к производным объектам первого, второго и т. д. уровней, что и обозначается верхними правыми индексами в символах $O^1, O^2 \dots O^n$. Из этого следует, что при функциональном подходе определение уровня объекта не зависит от того, к какой области — O^* или O^{**} — принадлежит исходный объект, а исключительно от того, каким числом операций получены производные объекты из исходного и каковы свойства этих операций. Объекты различных уровней, следовательно, могут выделяться как в предметно-орудийной, так и в знаковой области, а само понятие «уровень», будучи индифферентным к предметно-орудийной или знаковой природе операций, констатирует

лишь различие в числе и свойствах операций, производящих объекты разных уровней. При этом объекты одного и того же уровня не обязательно определяются и производятся одинаковым числом операций, например, объект O^1 в первом примере представляет собой алгебраическую группу, а во втором — удельный вес (U). При построении этих объектов использовались разные по числу и свойствам операции. Следовательно, в разных системах объекты одинаковых уровней могут получаться разным числом операций, например «кольцо получается тремя операциями, U' — четырьмя. Поэтому для определения уровня объекта необходимо сравнивать лишь количество и качество операций внутри данной системы, скажем, в системе алгебры, а не число и качество операций, применяемых для образования объектов одного уровня в разных системах, скажем, в системах алгебры и физики. Само понятие «уровень», как видно, не фиксирует каких-либо свойств объекта, так как одинаковым уровнем могут обладать различные объекты, относящиеся к различным системам знания или деятельности. Оно констатирует определенный способ, совокупность приемов и операций, при помощи которых совершается переход, выделение одних объектов из других.

Таким образом, «уровень» есть операциональная характеристика объекта, не говорящая о том, какие именно и сколько операций необходимо для его построения, но указывающая, что различия в уровнях детерминируются различием в числе или качестве операций или тем и другим одновременно и что сам уровень не есть физическое, химическое или т. п. свойство, имманентно присущее объекту, но является результатом оперирования с объектом. Показатель «уровня» зависит также от выделения исходного объекта. Так, алгебраический объект «поле», выступающий в первом примере как объект третьего уровня, поскольку на его образование затрачивается максимальное число операций (f_0, f_1, f_2 и f_3 в отличие от f_0, f_1 и f_2 при образовании кольца), может рассматриваться как объект первого уровня, если в качестве исходного берется не совокупность всех известных чисел¹, а лишь множества, образующие кольца.

Определим теперь понятие «смежный уровень». Объекты O^k и O^l , относящиеся к одной и той же системе, считаются

¹ Если, разумеется, речь идет лишь о числовых множествах и, следовательно, числовых полях и кольцах.

ся смежными, если $k \neq l$ и $|k-l| = 1$ (k и l — целые положительные числа). Если O^k и O^l — смежные объекты, то уровень первого считается выше, если $k > l$, и ниже, если $k < l$. Последовательное применение этого определения всегда позволяет в каждой определенной системе упорядочить объекты различных уровней.

Два объекта, относящиеся к одной системе, но отличающиеся пространственными или временными характеристиками (с точки зрения места и времени написания — для знаковых объектов и нахождения в различных точках пространственно-временного континуума — для физических объектов), считаются идентичными, если они образованы одинаковыми по числу и качеству операциями из одного и того же исходного объекта. Два объекта принадлежат к одному и тому же уровню, но считаются разными, если они образованы одинаковыми по числу, но различными по качеству операциями из одного и того же исходного объекта. Например, ассоциативные группы сложения и коммутативные группы образуются одинаковым числом операций и принадлежат к одному уровню, но различны по алгебраическим характеристикам, поскольку в первом случае f_0 и противоположная ей операция ассоциативны, а во втором — ассоциативны и коммутативны. Наконец, отметим еще два обстоятельства. Первое заключается в том, что понятие «уровень» в известных пределах условно и зависит от произвола исследователя, например, от того, какой объект выбран в качестве исходного и какими операциями реализуется построение производных объектов. Однако сам выбор оперативных средств не произволен, так как в определенных границах он детерминируется природой объектов.

Второе заключается в том, что с момента, когда выбран исходный объект и окончательно установлены все оперативные средства, определение уровней различных объектов, получаемых в процессе исследования, может быть осуществлено на основании точных логических предписаний.

С учетом сказанного можно сформулировать следующие правила определения уровней объектов:

- 1) указывается система исследуемых объектов;
- 2) указывается безразлично каким, но определенным способом исходный объект (O^0);
- 3) составляется каталог операций, включающий для случая оперирования O^* дополнительный каталог

предметно-орудийных средств с их техническими показателями и т. д.;

- 4) указывается способ различения или дается подробное описание свойств операций, включенных в каталог;
- 5) указывается способ и последовательность применения операций при переходе от объектов одного уровня к объектам другого, смежного уровня.

Применение этих правил в соответствии с другими определениями, данными в этом параграфе, позволяет достаточно точно определить уровни объектов, относящиеся как к O^* , так и O^{**} .

§ 13. Объективный предмет знания

Обсуждение вопроса об уровнях и основных видах объектов позволяет осуществить чрезвычайно важное в логико-методологическом отношении разграничение объекта (O) и объективного предмета знания (P_1). Поскольку научная деятельность не может быть сведена исключительно к предметно-орудийной деятельности, но включает также оперирование готовыми накопленными знаниями, поскольку наука рассматривает все свои объекты через призму опосредующих операций, включая знаковые. Поэтому объекты научного знания нельзя отождествлять с объектами, непосредственно данными, фиксируемыми предметно-орудийными средствами. Отсюда первое важное разграничение, состоящее в том, что объективный предмет знания (P_1) не тождествен объекту предметно-орудийной деятельности. Те или иные физические, химические или биологические феномены могут быть объектами предметно-орудийной деятельности, принадлежать к разным уровням O^* , но еще не являться объективными предметами знания. Для этого они должны быть реконструированы в виде абстрактных объектов, таких, как «электромагнитное поле», «обратная связь», «живой организм», являющихся предметами классической электродинамики, кибернетики, физиологии.

Анализ системы знания, следовательно, позволяет утверждать, что каждому феномену из O^* должна соответствовать

вать абстракция в O^{**} . Обратное утверждение не имеет силы, так как не каждому объекту из O^{**} соответствуют объекты предметно-орудийной деятельности. Для подтверждения сошлемся хотя бы на n -мерное евклидово пространство, являющееся объектом алгебры или геометрии и не сводимое при $n > 3$ к объектам типа O^* . Получение знаний о любом объекте, принятом за O^0 , предполагает выделение некоторых свойств, отношений и т. п. Поскольку такое выделение необходимо связано с применением различных исследовательских операций, безразлично знаковых или предметно-орудийных, то мы сразу же переходим от O^0 к O^1 , O^2 и т. д. Однако не всякий переход от объектов одного уровня к объектам другого означает создание объектов знания, ибо в случае, когда исходный объект относится к предметно-орудийной области и над ним совершаются лишь предметно-орудийные операции, то производные объекты высших уровней остаются в границах той же области. Изменяя средства предметно-орудийной регистрации, мы можем исследовать живой организм на различных уровнях (визуальном, микроскопическом, рентгенологическом и т. д.), не выходя за границы предметно-орудийной деятельности. Во всех этих случаях объекты различных уровней, будучи объектами предметно-орудийной исследовательской деятельности, еще не являются предметами знания.

Введем теперь понятие «объективный предмет» знания. Из двух объектов смежного уровня объект более высокого уровня называется объективным предметом знания, если 1) он фиксирован в знаковой форме и если 2) указаны операции, посредством которых он выделен или построен из объекта предыдущего уровня. Объект более низкого уровня, смежный с P_1 называется его базисом и может быть либо объектом предметно-орудийной деятельности, либо заранее созданной абстракцией. Базисные объекты, следовательно, могут быть в разных процессах различными, например, физическими или идеализированными, но «объективный предмет знания» всегда является результатом некоторой абстракции. Очевидно, что если P_1 в качестве базиса имеет объект того же вида, т. е. знаковый объект низшего уровня, то мы не выходим за границы знаковой деятельности. Если же базис P_1 принадлежит к другому виду объектов, как в примере со взвешиванием, т. е. к внезнаковой сфере, то мы имеем дело с переходом от одного

типа деятельности — предметно-орудийной, к другому типу — знаковой.

Это хорошо видно на примерах предыдущего параграфа. В первом, если поочередно рассматривать как объективные предметы знания «группу», «кольцо» или «поле», базисные объекты всегда оказываются знаковыми. Во втором, если в качестве объективных предметов знания берутся $\langle U \rangle$ или $\langle U' \rangle$, базисные объекты различных уровней оказываются лежащими не в знаковой, а в предметно-орудийной области. Предметы же знания, несмотря на все их различия, являются в обоих случаях абстракциями. Можно поэтому утверждать, что естественные науки так же, как науки математические, предполагают оперирование с абстрактными, знаковыми объектами, ибо всякая наука имеет дело с объективным предметом знания, реализующимся в форме знаковых объектов. Но в отличие от математических наук выделение объективного предмета знания естественных наук непременно предполагает хотя бы в одном пункте переход от незнаковой к знаковой деятельности.

Именно в анализе такого перехода заключается основная проблема методологии естественных наук. Тот или иной абстрактный объект может попеременно рассматриваться (а в истории науки так всегда бывает) то как объективный предмет знания, то как его базис. Но для естественных наук существенно, чтобы в качестве базиса, хотя бы в исходном пункте, выступали объекты предметно-орудийной деятельности. Отметим, что несмотря на невозможность прямого сведения всех абстрактных объектов к O^* , принципиальная сводимость, по крайней мере некоторых из них, обнаруживает не только грань, но и условность различия между математическими и естественными дисциплинами.

Как отмечает советский математик Рашевский (40), рассмотрение «точек», «плоскостей» и «линий» в качестве абстрактных объектов позволяет считать геометрию математической наукой; сведение их к соответствующим физическим объектам превращает геометрию в механику твердого тела, подобно тому как сведение объектов проективной геометрии к физическим феноменам (световой луч, тень предмета и т. п.) превращает последнюю в геометрическую оптику, т. е. раздел физики.

Резюмируя различия между математическими и естественными науками, можно сказать, что для первых всегда имеет место: $\forall O(O \subset O^{**})$, для вторых — $\exists O(O \subset O^*)$, или

иными словами: все объекты математического знания относятся к области O^{**} , тогда как для объектов естественно-научного знания обязательна принадлежность хотя бы некоторых к области O^* . В том случае, когда O^0 , O^1 $O^2\dots$ все лежат в предметной области (O^*), будем говорить о разных уровнях материального объекта. В том же случае, когда O^0 лежит в O^* , а O^1 , O^2 — в O^{**} , будем называть O^0 абстракцией нулевого уровня и рассматривать весь процесс как переход от внезнаковой к знаковой деятельности или, что то же самое, как переход от объектов предметно-орудийной деятельности к объектам знания.

Рассмотрим, наконец, еще одно важное соотношение между объектом и объективным предметом знания. Дело в том, что для одного и того же базисного объекта можно получить несколько различных объектов одного и того же уровня и, наоборот, определенный объект фиксированного уровня может быть получен при различных базисных. Этим, между прочим, объясняется то обстоятельство, что один и тот же объект часто является предметом знания различных научных дисциплин. Например, земля — объект геохимии, геологии, географии и т. д. Кроме того, само знание может выступать как объективный предмет знания для логики, психологии, гносеологии, методологии, кибернетики и т. п. Возможно также, что при наличии некоторых общих элементов, свойств и отношений и применении идентичных операций для различных исходных объектов может быть сформирован один и тот же объективный предмет знаний. Например, при измерении термометром температуры твердых, жидких и газообразных тел может быть выделена особая абстракция — теплота, являющаяся объективным предметом знания особой науки — термодинамики. Таким образом, между объектом и объективным предметом знания не существует автоматического взаимооднозначного соответствия. Изучение динамики объекта и объективного предмета знания — одна из наиболее интересных задач логики, методологии и истории наук. Взаимосвязи, выявленные между O и P_1 , позволяют относительно просто, логически-контролируемым способом решить ряд спорных вопросов, связанных с анализом систем научного знания. В следующей главе будет показано, каким образом рассмотренные здесь логико-методологические концепции реализуются в процессе выделения объекта и объективного предмета знания ОТН.

§ 14. Проблема существования объектов

Вернемся теперь ко второй из задач, сформулированных в начале § 11, а именно к проблеме существования объектов, имеющей большое значение в различных науках (56).

Как и большинство образований, проникающих в язык науки из естественного языка, выражения типа « X существует» многозначны. Объекты, для которых пропозициональная функция « X существует» при подстановке на место X знака объекта обращается в истинное высказывание, считаются существующими. Наиболее распространенный смысл этой функции может быть передан следующим образом: « X существует» означает то же самое, что « X может быть воспринят органами чувств человека или заменяющими их техническими устройствами». В тех случаях, когда это значение будет использоваться в качестве критерия существования тех или иных объектов, мы будем говорить о существовании в обычном смысле и обозначать символом E_a . Критерий E_a возник как обобщение обычной практики людей и является важным средством оценки объектов в ситуациях, нормальных для повседневной жизни и материально-производственной деятельности в целом. Однако попытка использовать его как единственный и универсальный критерий существования для оценки объектов, встречающихся в других видах деятельности, например научно-теоретической, сразу же наталкивается на ряд трудностей. Эти трудности отчетливо обнаружились уже в античной математике. Античная математика развивалась преимущественно на базе геометрии, и ее счетно-алгебраический аппарат был подчинен целям последней. Но оперирование и с этим довольно примитивным алгебраическим аппаратом привело к появлению таких чисел, которые долгое время не поддавались прямой геометрической интерпретации, например, получение отрицательных чисел при вычислении длин, площадей и объемов. С аналогичными трудностями столкнулась и индийская математика. Правда, у поздних античных математиков, так же как и у индийских математиков начала нашей эры, отрицательные числа начали получать некоторую чувственную интерпретацию при решении кинематических (обратное движение) и некоторых геометрических задач. Впоследствии отрицательные числа получили

права гражданства в математике, но другие алгебраические числа, например i , $a+bi$ и т. д., долгое время назывались мнимыми, бессмысленными. Несмотря на то что оперирование подобными математическими объектами давало корректные практические результаты, они считались несуществующими, так как в качестве единственного критерия существования принимался критерий наглядности или очевидности, сводимый в конечном счете к E_a . То, что мнимые и вообще комплексные числа существуют в том же самом смысле, в каком существуют действительные числа, поддающиеся наглядной геометрической интерпретации, было признано лишь после того, как Вессель в 1799 г. открыл возможность их геометрической интерпретации в виде точек плоскости, а затем Гаусс (1831 г.) указал на возможность их записи парами действительных чисел.

Даже в XIX в. многие ученые рассматривали проблему существования объектов в математике как вполне аналогичную проблеме существования физических и химических объектов. В этом отношении чрезвычайно характерны слова Эрмита, приведенные в «Очерках по истории математики» Н. Бурбаки: «Я верю, что числа и функции анализа не являются произвольным созданием нашего разума; я думаю, что они существуют вне нас в силу той же необходимости, как и объекты реального мира, и мы их встречаем или их открываем и изучаем точно так, как это делают физики, химики или зоологи» (разрядка моя.—A. P.) (8, стр. 29). По мере развития таких отделов математики, как интегральное исчисление, абстрактные алгебры, неевклидова геометрия, теория множеств, вопрос о существовании математических объектов принял совершенно своеобразный вид. Было обнаружено, что в математике можно говорить о существовании объектов, не поддающихся чувственно-наглядной интерпретации, не имеющих коррелятов, регистрируемых предметно-орудийными средствами. Примером этого рода могли служить хотя бы открытые в середине прошлого века Гамильтоном кватернионы, которые, несмотря на возможность их приложения в механике, не могут, например, быть изображены как точки наглядного, т. е. двух- или трехмерного геометрического пространства. Точно так же и в неевклидовой геометрии утверждалось существование соответствующих ее построениям гиперболических пространств, хотя и не имелось, по крайней мере в начальный период, каких-либо средств для фикса-

ции соответствующих чувственных коррелятов. Таким образом, было обнаружено, что критерий существования для математических объектов не совпадает с обычным смыслом этого критерия. Это обстоятельство стало наиболее отчетливым благодаря исследованиям вопроса о наличии производных у непрерывных функций. Долгое время наличие таких производных считалось интуитивно бесспорным и даже было принято говорить, что нет непрерывных функций без производных, как нет кривых без касательных. В этом весьма заметно влияние наглядности, рассматриваемой в качестве единственного критерия существования. Однако уже Н. И. Лобачевский настаивал на необходимости более тщательного и строгого исследования вопроса о производных непрерывных функций. Несколько позже Вейерштрасс попытался (впрочем, не совсем удачно) построить непрерывную функцию, не имеющую производных. Наконец, А. С. Безиковичу удалось указать непрерывную функцию $f(x)$, не имеющую производной ни в какой точке оси OX . Обнаружение подобных математических «монстров» привело к подрыву веры в интуицию и наглядность как единственные критерии существования и заставило математиков выработать новый подход к этой проблеме¹.

В границах классической математики, опирающейся на двузначную логику, был постепенно выработан особый критерий существования (обозначим его через E_w), опирающийся на понятие доказуемости и непротиворечивости. Тот или иной математический объект рассматривается как существующий, если все касающиеся его утверждения (теоремы) могут быть выведены из других ранее установленных предложений. Образцом доказательств существования математических объектов в этом смысле может служить так называемая основная теорема в высшей алгебре, доказанная в конце XVIII в. Гауссом и утверждающая, что всякий многочлен n -й степени $F(x^n)$ имеет в точности n корней в определенном числовом поле. Эта теорема является чистой теоремой существования, так как она не дает никакой формулы, никакого алгоритма для разыскания этих корней, а лишь утверждает, что для каждого $F(x^n)$ при $n \geq 1$ существуют в точности n корней. Аналогичным образом понимает-

¹ Обстоятельное исследование роли интуиции в философии и математике дано В. Ф. Асмусом в (30).

ся и «несуществование». Сошлемся здесь лишь на известный результат Абеля, связанный с тем что упомянутой основной теоремой алгебры, а именно на доказательства несуществования алгоритма для разыскания подобных корней для многочленов при $n \geq 5$. Обе эти теоремы важны в том отношении, что первая из них говорит о существовании определенных чисел, вторая — о несуществовании алгоритма, т. е. способа разыскания подобных чисел (при буквенном задании коэффициентов многочленов). Здесь важно отметить, что в одном случае в качестве объекта рассматриваются числа, в другом — способы их разыскания или построения.

Дальнейшее развитие математики привело благодаря трудам Брауэра, Вейля и других к созданию нового направления в обосновании математики — «интуиционизма». Не имея возможности подробно остановиться на особенностях этого направления, отметим лишь, что его представителями было предложено новое понимание существования объектов математики. При рассмотрении проблемы существования свою основную задачу интуиционисты видели в изучении умственных построений, применяемых в математике. Наиболее характерные черты интуиционистского понимания существования могут быть переданы следующими словами Гейтинга: «В изучении умственных математических построений «существовать» должно означать то же самое, что «быть построенным» (12', стр. 11). С точки зрения интуиционистов, математический объект считается существующим, если указаны исходные элементы, из которых он может быть построен, и правила, т. е. законы такого построения. Причем в случае бесконечных последовательностей применение интуиционистского критерия существования E , не допускает использования закона исключенного третьего, применяемого в классической математике. Именно поэтому интуиционистский критерий существования не разрешает пользоваться доказательством через *reductio ad absurdum* как свидетельством существования объекта.

Таким образом, развитие математики привело к созданию нового интуиционистского критерия существования — E_i . Как видно, прямым следствием быстрого развития науки XIX и XX вв., связанного с введением нового типа объектов, является фундаментальное расширение критерия существования. Помимо E_a , E_w , E_i , очевидно, не исключается образование новых критериев существования, связанных

с возможностью введения новых систем объектов, например, в физике или астрономии.

Ясно, что логический анализ строения научного знания не может ограничиться простой констатацией наличия разных критериев существования.

То обстоятельство, что не имеется единого критерия существования, одинаково применяемого к объектам различных видов, выдвигает вопрос, можно ли вообще сформулировать какие-либо условия, позволяющие в каком-то общепринятым и приемлемом для современной науки смысле говорить о существовании различных объектов знания. Одно из решений этого вопроса было предложено Карнапом. По мнению Карнапа, вопрос о существовании тех или иных разновидностей объектов может быть решен лишь по отношению к определенным языковым системам, фиксирующим знания об этих объектах. Карнап называет эти различные языковые системы «языковыми каркасами» и утверждает, что для каждого такого каркаса должен формулироваться свой собственный критерий существования.

В качестве иллюстрации он приводит язык арифметики натуральных чисел. Такой язык должен содержать в себе предикаты для чисел (простой, четный), термины для обозначения математических отношений: « $>$ », « $<$ », « $=$ »; названия для арифметических операций: $+$, $-$; знаки для переменных: x , y , z ; кванторы общности и существования, а также список допустимых выражений, принятых за эталон для данного языка. В таком языке можно совершенно определенно ответить на вопрос о существовании чисел больше ста или больше миллиона. Однако ответить на вопрос о существовании комплексных чисел или чисел, определяемых n -мерными векторами и т. п., в этом языке нельзя, так как в нем отсутствуют соответствующие термины, операции и т. д. В этом языке нельзя также построить утверждения о существовании планет солнечной системы, микрочастиц и т. п. Для того чтобы точно и определенно говорить о существовании подобных феноменов, необходимо построить новые языки, так называемые языки физического наблюдения (Карнап называет их «языком вещей»), со своими особыми критериями существования, аналогичными E_a , содержащими ссылки на такие средства регистрации объектов, как телескопы, камера Вильсона, ускорители элементарных частиц. Теория языковых каркасов Карнапа делает значительный шаг вперед по сравнению с его прежней кон-

цепцией объекта, так как в ней Карнап признает существование абстрактных, идеализированных объектов. Однако она не свободна от ряда недостатков. С точки зрения функционального подхода к анализу объекта, критерии типа E_a , E_w , E_t равнозначны, так как все они формулируют признаки существования для особых объектов, знания о которых фиксируются в специальных и притом различных языках (естественный язык, язык математики, язык физики и т. д.) Такое понимание не вызывает возражений. Но Карнап явно неправ, игнорируя привилегированное положение E_a в генетическом аспекте, а также в процессе экспериментальной проверки тех или иных теорий. При решении вопроса о том, в какой мере те или иные научные теории могут использоваться для описания и исследования объектов материального мира, критерии типа E_a играют решающую роль, и в этом пункте теория Карнапа нуждается в поправке¹.

Подытожим сказанное. История науки обнаружила со всей очевидностью, что нет и не может быть единого критерия существования для всех видов объектов и что нельзя, следовательно, отрицать существование объектов того или иного вида лишь на том основании, что они не удовлетворяют какому-то одному критерию существования. Эти критерии должны четко формулироваться для каждой системы знаний и включать указания на средства и правила фиксации объектов. Для одних систем это могут быть средства предметно-орудийной фиксации, для других — различные средства логического контроля. Объекты считаются существующими в данной системе S , если они отвечают принятому для нее критерию существования E . Если, кроме того, может быть указана система переходов от специального критерия E (т. е. принятого для данной системы S) к критерию типа E_a , то такая система может расцениваться как естественно-научная.

§ 15. Язык, объект и объективный предмет

Предыдущее обсуждение показывает, что вопрос о выборе и существовании тех или иных объектов в логическом исследовании может быть решен лишь по отно-

¹ Критика философских основ теории «языковых каркасов» Карнапа содержится в (47).

шению к некоторой определенной знаковой системе S , играющей роль языкового каркаса по отношению к данному объекту, ибо с точки зрения логики вопрос, может или нет что-либо рассматриваться как объект или объективный предмет знания безотносительно к знаковой системе, фиксирующей это знание, лишен всякого смысла. Поэтому основным требованием является указание языка S , в котором фиксируются знания об объекте, и специального критерия существования E , принятого для данной языковой системы и позволяющего делать утверждения о существовании изучаемого объекта и объективного предмета. Если это требование выполнено, то некоторые феномены X и x могут рассматриваться соответственно как O и P , в данной системе S при условии, что 1) ни X , ни x не входят в состав S . Это условие может казаться тривиальным. Однако оно чрезвычайно важно в случае, когда в качестве объекта знания выступают знаковые феномены, например другой язык, а в качестве объективного предмета — некоторые его стороны, например словарь, правила построения и т. п.

В этом случае данные требования позволяют проводить четкое разграничение между описывающей и описываемой знаковой системой и исключают смешение идентичных по знаковой форме, но различно функционирующих абстракций. 2) Необходимо, чтобы имелось некоторое количество специальных знаков $z^0, z^1 \dots z^n$, находящихся в отношении обозначения к X и x . 3) $z^0, z^1 \dots z^n$ должны входить по крайней мере в некоторые предложения, которые могут быть высказаны в S и которые являются его ингредиентами. 4) X должен быть базисным объектом по отношению к x , и между ними должны существовать отношения, указанные в пп. 1, 2, § 13. Если, кроме того, между специальным критерием существования E и критерием существования E_a , принятым для языка, в котором осуществляется фиксирование результатов предметно-орудийной деятельности, можно установить определенную меру соответствия и указать действия или логические операции, посредством которых требования, сформулированные в E , могут быть переведены на язык, в котором формулируется E_a , то выделенные феномены X и x могут считаться объектом и объективным предметом естественнонаучного знания.

* *

*

Наша задача теперь заключается в том, чтобы соображения и понятия, изложенные в этой и предыдущей главах, применить к самой науке, выступающей в качестве объекта самостоятельного исследования.

Науку принято рассматривать как средство и результат познания действительности. Но, став объектом исследования, она сама может рассматриваться как фрагмент действительности, созданной человеком. Когда философ, логик и историк науки приступает к ее изучению, он застает ее первоначально в виде груды сырого материала, гигантского скопления самых разнообразных знаний, заключенных в книгах и статьях. В таком виде наука еще не может быть объектом знания. Для этого ее необходимо подвергнуть обработке, обнаружить в ней некоторый порядок, системность. Однако далеко не любая система знаний, заключенных в печатных текстах, является наукой. Коен и Нагель отмечают, что «...информация, независимо от того, насколько она обширна или надежна, состоящая из ряда изолированных предложений, не является наукой. Поэтому, например, телефонная книга, словарь, кулинарная книга или хорошо составленный каталог товаров, продаваемых в магазинах, могут содержать точные знания, организованные в каком-либо удобном порядке, однако они не рассматриваются как произведения науки. Наука требует, чтобы наши предложения были оформлены в виде логической системы, чтобы они стояли друг к другу в том или ином зафиксированном отношении эквивалентности или противоположности» (71, стр. 21).

Ниже мы увидим, что сформулированные здесь определения системности науки не вполне удовлетворительны, но бесспорно, что главная задача логики науки состоит в том, чтобы выявить подлинные системные свойства своего объекта и указать средства его исследования.

§ 16. Принцип системности и анализ науки

Одной из наиболее характерных черт современных научных исследований является широкое распространение и признание принципа системности в качест-

ве основного логико-методологического средства изучения сложных объектов. Этот принцип заключается в следующем. Если в процессе исследования приходится иметь дело со сложными образованиями, поведение которых нельзя представить в виде простой суммы описаний поведения образующих, то исследуемый объект рассматривается как системное целое, каждая часть которого детерминирована рядом зависимостей, присущих ей лишь в контексте данного целого. В зависимости от целей системное исследование может сводиться либо к тому, чтобы на основе описания образующих дать адекватную концепцию системы либо к тому, чтобы, открыв основной принцип построения или деятельности системы, определить характеристики и режим поведения элементов системного объекта (28, 58). Оба этих подхода не исключают друг друга полностью. Каждый из них в различные исторические эпохи играет попеременно то подчиненную, то ведущую роль. Первый — дитя трех предшествующих столетий. Его влияние чувствуется почти во всех работах, посвященных анализу систем от Декарта и Бэкона до Дарвина. Однако уже в «Капитале» Маркс совершенно отчетливо совершил переход ко второму, что особенно проявилось в стремлении рассматривать каждое элементарное взаимодействие как функцию системы, как результат, а не как причину системных отношений. Но ведущее место второй подход занял лишь во второй половине нашего столетия, главным образом благодаря влиянию кибернетики, сделавшей принцип системности альфой и омегой своих исследований. И хотя исследование систем, стремящихся вывести их свойства из особенностей элементов и их взаимодействий, сохраняет известное значение в анализе относительно простых систем, при изучении сложных систем их роль сводится к функции статистов, а на первый план выступают современные методы системного анализа. Исходными абстракциями последних являются «система», «структура», «связь», «функция» и т. д. С точки зрения этих абстракций, производится первоначальное членение объекта и определяется отправная позиция исследования. Выделение системности в качестве исходного момента анализа позволило в 40-х годах нашего века открыть ряд закономерностей, управляющих принципиально идентичными системами, воплощенными в качественно различных материалах (живой организм, человек, электронная машина). Догадки о наличии систем подобного рода были

выдвинуты еще в XVII—XVIII вв. в работах Декарта, Ламетри и др. Но реальные предпосылки, подготовившие торжество современного принципа системности, были созданы благодаря исследованиям в ряде специальных областей: теории гештальтов и учении рефлексов — в психологии, в области биологии — школой системного анализа, в области логики — анализом логических систем. При этом выяснилось, что инвариантность некоторых общих системных свойств и их относительная независимость от реализующего материала является почти универсально широким принципом. Проникновение его из области естествознания и техники в сферу экономических исследований, управления промышленностью, социологии и т. д. позволило получить ряд важных результатов. Естественно поэтому предположить, что применение принципа системности в исследовании научного знания может оказаться весьма эффективным.

То обстоятельство, что современная наука представляет собой системное образование высокой степени сложности, общепризнано. Но столь же хорошо известно, что анализ научных знаний до последнего времени проводился лишь на ограниченном уровне, по преимуществу на уровне логического анализа принципов построения систем научных теорий. Системное исследование в современном смысле слова предполагает по меньшей мере три этапа.

1. Анализ и описание принципов построения и работы системы в целом.

2. Анализ специфики компонентов исходной системы, их взаимозависимости и определение их внутреннего строения.

3. Установление соответствий между изучаемым объектом и идентичными системами, реализованными в другом материале.

Говоря о современном логическом анализе науки, по крайней мере в том виде, в каком он содержится в трудах наиболее известных своих представителей, можно сказать, что он по преимуществу ограничивается вторым из перечисленных этапов. Задача настоящей главы заключается в том, чтобы выявить основные системные характеристики научного знания в целом, принципы построения и функционирования систем научного знания и в связи с этим выяснить логические средства и последовательность анализа подобных систем. Такая постановка задачи превращает саму нау-

ку в объект системного исследования и выдвигает на первый план не анализ конкретного содержания различных научных дисциплин, а выявление системы структурных характеристик, т. е. формального строения изучаемого объекта в целом.

§ 17. Процесс и закон функционирования

Такой подход имеет своей предпосылкой различие двух аспектов системного исследования. При одном на первый план выдвигается развитие системы, т. е. некоторая времененная последовательность формирования объекта. При другом — анализ функционирования уже сложившейся готовой системы. Легко заметить, что оба эти аспекта имеют в виду динамические, т. е. работающие, а не статичные системы. Исследование последних может также представлять определенный интерес, однако мы не будем его касаться.

Выделение генетического и функционального аспектов исследования в применении к науке, рассматриваемой как системный объект, позволяет различить объективные предметы и сферы компетенции двух различных дисциплин: истории и общей теории науки.

Первая рассматривает объект в генетическом аспекте; ее объективный предмет есть развитие систем научного знания. Вторая реализует функциональный аспект; ее объективный предмет есть функционирование системного объекта. Не останавливаясь подробно на первом аспекте и его взаимоотношении со вторым, поскольку это находится вне проблематики данной работы, обратимся к определению основных понятий функционального анализа. Такими понятиями являются: 1) процесс функционирования; 2) закон функционирования.

Пусть мы имеем некоторый агрегат A , состоящий из конечного числа m компонентов K . Если все компоненты от K_1 до K_m связаны, то совокупность $K_1 \dots K_m$, равная A , представляет систему. Допустим теперь, что в некоторый исходный момент времени t_1 компоненты A расположены в последовательности: $K_1, K_2 \dots K_{m-1}, K_m$.

Назовем это исходное положение состоянием A' агрегата A . Если, кроме того, имеется некоторое преобразование π , такое, что его единичное применение к A' изменяет по край-

ней мере положение одного из компонентов, то будем говорить, что агрегат A из состояния A' перешел в состояние A'' , представляемое, например, последовательностью: $K_2, K_1, K_3 \dots K_{m-1}, K_m$. Если каждое последовательное применение π к очередному состоянию агрегата приводит к тому, что каждое состояние A' отличается от следующего за ним состояния $A'^{(i+1)}$ изменением положения по крайней мере одного из компонентов системы, и при этом всегда $A'^i \neq A'^{(i+1)}$, то переход состояния A'^i к состоянию $A'^{(i+1)}$ называется шагом рассматриваемого агрегата. Если в результате n -кратного повторения шагов в некоторый момент t_2 агрегат A переходит в состояние A'^n (следует иметь в виду, что $n > 1; i > 1; i+1 \leq n$), в точности совпадающее с исходным состоянием A' , то это означает, что агрегат A при преобразовании π работает по замкнутому циклу. Разность $t_2 - t_1 = t_A$ есть время или период цикла, в течение которого π применялось n раз. Последовательность перехода от A' до A'^n , т. е. цикл, мы называем также процессом функционирования данной системы A [1]. Однако этим же термином нередко обозначается и другое, а именно многократное повторение циклов [2]. Для того чтобы различать эти два значения термина «процесс функционирования» в тех случаях, когда их смещение может повлечь недоразумения, мы будем применять для варианта [1] выражение «режим функционирования», сохранив выражение «процесс функционирования» для варианта [2]. Нетрудно теперь увидеть, что последовательность состояний $A', A'' \dots A'^n$ внутри определенного цикла может меняться в зависимости от изменения преобразования π . Оно может, например, в случае π_1 иметь вид: $A', A'', A''' \dots A'^n$; в случае π_2 — вид: $A'', A', A''' \dots A'^n$. Изменения режима функционирования внутри данного цикла, вызванные переходом от π_1 к π_2 и т. д., мы будем рассматривать как изменение закона функционирования, а каждую фиксированную последовательность состояний внутри данного процесса функционирования, при условии многократного повторения цикла, будем называть законом функционирования g_f . Принятые определения делают очевидным, что закон функционирования в каждом конкретном случае оказывается функцией применения определенного преобразования к данному агрегату. Это можно записать в виде: $g_f = \pi(A)$. Ясно также, что в силу принятых определений мы всегда имеем дело с конечным регистрируемым числом шагов и что для относительно

простых агрегатов с небольшим набором компонентов и относительно коротким циклом почти всегда можно найти как аналитическую, так и графическую форму представления для законов и процессов функционирования.

Дальнейшие задачи заключаются в том, чтобы выяснить, каким образом определенное здесь понятие функционирующей системы может быть применено в рамках общей теории науки.

§ 18. Объективный предмет ОТН

В § 1 уже говорилось, что наука, представляющая сложный социальный феномен, является объектом различных «наук о науке». Каждая из этих дисциплин выделяет в общем объекте $|O|$ те стороны, свойства и отношения, которые представляют для нее специальный интерес и могут быть рассмотрены доступными ей средствами. Фиксированная и выделенная таким образом сторона базисного объекта образует объективный предмет исследования Π_1 данной дисциплины. Имея, следовательно, общий объект, эти дисциплины рассматривают его в различных ракурсах и имеют дело с различными объективными предметами.

Выделение различных Π_1 возможно также и в границах одной и той же дисциплины, например, логического анализа науки. Это объясняется как различиями в понимании самой логики, так и привнесением дополнительных аспектов, например, логико-методологического, логико-лингвистического и т. д. Особенно отчетливо подобные различия выступают в рамках логического анализа науки, когда объективным предметом исследования становится структура науки и образующие ее компоненты. В зарубежной логике науки существуют различные взгляды на структуру науки. Согласно одному взгляду структура науки образуется следующими компонентами:

1) ученый — личность, которая осуществляет и контролирует познавательную деятельность и формулирует полученные результаты в системе символов; 2) мир природы или факта, на которые направлена познавательная деятельность (объект); 3) подлинная деятельность — наблюдение, экспериментирование и т. д., взятые вместе; 4) результат деятельности — само знание, которое может рассматри-

ваться как система символов или идей, устанавливаемых ученым (60; стр. 46—47). Согласно другому взгляду структура науки включает:

1) термины (определенные или неопределенные) — символы, которые представляют понятия, используемые в нашем мышлении;

2) постулаты — правила, которые указывают нам возможные операции;

3) теоремы — выводы из системы постулатов (90, стр. 80).

Кроме того, имеет место мнение, что наука отличается от ненаучной познавательной деятельности прежде всего своими методами, а не объектом, и ее структура целиком определяется структурой, в которой циклически меняются методы дедукции, индукции и верификации (80, стр. 176).

Отказываясь от детального обсуждения приведенных здесь точек зрения, число которых можно было бы значительно увеличить, отметим, что все они выделяют объективный предмет исследования таким образом, что он не может рассматриваться как функционирующий системный агрегат. Это относится не только к концепции, включающей в состав науки явно нелогические компоненты (исследователь и объект), но и к концепциям, которые весьма односторонне сводят всю науку либо к теории, либо к методу. Естественно, что логический анализ науки как системного объекта также предполагает известную идеализацию. Она заключается в том, что в соответствии со своими фундаментальными понятиями и средствами исследования логика элиминирует из рассмотрения все внезнаковые, внеязыковые процессы и рассматривает каждую отдельную науку и совокупность наук в целом как некоторые, особым образом построенные языковые системы. Благодаря этому она получает возможность сосредоточиться на выяснении формальных свойств этих систем, выявить смысловые и структурные их особенности, определить их познавательную ценность. Однако непосредственное рассмотрение самого процесса познания, его социального и экспериментально-практического содержания выходит за границы языки и относится к компетенции более широкой гносеологической теории, располагающей значительно более мощными средствами анализа. Разумеется, что рассмотрение науки с чисто логической точки зрения приводит к тому, что объект исследования препа-

риуется совершенно особым образом, и объективным предметом изучения становится система предложений, фиксирующих знание. Эта традиция восходит еще к Аристотелю (57), определявшему науку как систему доказанных или, что, с его точки зрения, одно и то же, истинных предложений. Это понимание было удержано и в логике нового времени, например, у Больцано, рассматривавшего науку как систему истинных предложений (62).

Такое понимание науки, в котором из рассмотрения исключаются все остальные аспекты и анализ ведется как движение по структуре и составу предложений, сохраняется и в большинстве современных логических исследований. Законность подобной идеализации в границах специального исследования не только не вызывает сомнений, но позволяет сразу придать всей проблеме большую определенность и переводит ее в новую плоскость. Поскольку наука рассматривается как языковая система, т. е. система предложений, построенная строго определенным образом, весь вопрос о системности научного знания ставится так. Можно ли рассматривать науку как функционирующую систему и если да, то: 1) можно ли выявить процесс функционирования в линейной системе предложений? 2) каковы компоненты функционирующего агрегата? 3) каковы законы его функционирования? Такая постановка вопроса сразу указывает точки соприкосновения специального логического анализа с принципом системности.

§ 19. Рассмотрение науки на уровне предложений

Современная логика рассматривает каждую науку как определенную последовательность записанных в некотором порядке предложений. Полученная таким образом система, образующими которой являются отдельные предложения, может состоять из сложных и простых высказываний (s). При этом под высказыванием понимается конечная последовательность знаков, посредством которой утверждается что-либо относительно избранного объекта. В интересах дальнейшего анализа разделим все высказывания на два вида: 1) элементарные, т. е. такие, которые построены из принятых в словаре науки знаков (терминов), отвечают требованиям правильности и не содержат связок «·», «V», «D», «~» (или соответствующих им выражений

естественного языка: «и», «или», «если... то», «эквивалентно»; 2) сложные, или молекулярные, построенные из высказывания первого вида при помощи только что указанных связок. Знак «—» (отрицание) может встречаться в обоих случаях. В дальнейшем, чтобы избежать многократного повторения знаков «·», «V», « \supset », «~», будем обозначать построенные с их помощью сложные предложения через $F(s_1, s_2 \dots s_n)$, где $s_1, s_2 \dots s_n$ — элементарные высказывания. В этом случае каждое молекулярное высказывание может быть представлено как функция от элементарных высказываний, т. е. $F(s_1, s_2 \dots s_n)$. Хорошо известно, что эквивалентность, импликация, дизъюнкция и конъюнкция могут быть последовательно заменены друг другом. Таким образом, путем конечного числа преобразований всякое молекулярное высказывание $F(s_1 \dots s_n)$ может быть представлено в виде конечной последовательности элементарных высказываний, связанных лишь посредством конъюнкций. Это позволяет представить любую научную теорию в виде конечной для каждого момента t последовательности элементарных высказываний, связанных друг с другом лишь конъюнкцией, причем каждая из них может находиться или не находиться под знаком отрицания¹. Напомним теперь хорошо согласующееся с обычной научной практикой положение о том, что основная задача каждой науки заключается в приобретении новых знаний. Примем также, что каждая единица знания формулируется в виде по крайней мере одного элементарного высказывания. Тогда каждое изменение научной теории может быть представлено только как конъюнктивное дополнение уже существующей системы по меньшей мере еще одним новым предложением. Действительно, поскольку для конъюнкций (как в логике высказываний, так и в логике предикатов) сохраняется закон коммутативности, постольку простая перестановка конъюнктивных членов с логической точки зрения не может рассматриваться как ее изменение.

Допустим теперь, что в некоторый исходный момент t_1 мы имеем теорию T_1 , состоящую из конъюнкции n элементарных высказываний, т. е. $T_1 = s_1 \cdot s_2 \dots s_n$. В результате

¹ Введение кванторов не меняет существа дела, так как возникает лишь возможность потенциально бесконечного получения высказываний об индивидах, ситуациях и свойствах данной области. Но само число исходных, хотя бы и квантифицированных предложений, остается фиксированным.

осуществления некоторых исследовательских процедур, безразлично теоретических или экспериментальных, в некоторый момент t_2 нами получено новое знание, фиксированное в высказывании s_{n+1} . Если конъюнктивное присоединение s_{n+1} к последовательности $s_1 \dots s_n$ не меняет истинностной характеристики последней, то мы получаем систему $s_1 \cdot s_2 \dots s_n \cdot s_{n+1} = T_2$. Однако при сохранении логической эквивалентности T_1 и T_2 они не тождественны друг другу по составу своих компонентов и, следовательно, $T_1 \neq T_2$ при условии, что каждое $s_1, s_2 \dots$ рассматривается как самостоятельный компонент системы. Дальнейшее прибавление к системе $s_{n+2}, s_{n+3} \dots$ дает аналогичный результат. Но из этого следует, что в соответствии с определением функционирующего агрегата, данного в § 19, система T не может рассматриваться в качестве функционирующей системы, так как ее состояния $T_1, T_2 \dots$ не отвечают требованиям, предъявляемым к состояниям A', A'' функционирующего агрегата A , ибо $T_1, T_2 \dots$ отличаются не только расположением и последовательностью своих компонентов, но и самим составом. Процесс же функционирования предполагает, что конечное состояние A'' совпадает с исходным A' — условие явно невыполнимое для системы T , поскольку каждое из ее состояний $T_1, T_2 \dots$ может отличаться от предыдущего не только порядком, но и числом компонентов. Эти рассуждения показывают, что наука, рассматриваемая как система высказываний, не может быть представлена в виде функционирующего системного объекта, если в качестве ее самостоятельных компонентов принимаются отдельные высказывания¹. Такой подход мы будем называть рассмотрением на уровне предложений. Рассмотрение на уровне предложений типично для большинства прикладных логических исследований, связанных с анализом науки. Оно оказывается весьма продуктивным, когда необходимо выяснить логическую структуру различных теорий, принципы формального обзора всех выводимых из них следствий, проверки непротиворечивости исходных аксиом и т. д. Но с точки зрения анализа процесса функционирования научных систем такой подход оказывается явно недостаточным.

Другое возражение против рассмотрения науки на уровне

¹ Строго говоря, мы здесь имели дело не с наукой в целом, а лишь с научной теорией. Однако, как яствует из последующего изложения, высказанное соображение сохраняет силу как для других частей науки, так и для науки в целом.

предложений заключается в следующем. Рассмотрение науки на этом уровне приводит к непроизвольному отождествлению науки и теории. Но уже элементарное знакомство с любой современной наукой показывает, что теория не исчерпывает целиком содержание науки. Важной частью всякой науки является совокупность предложений, формулирующих метод данной науки, или, иначе говоря, описывающих набор и последовательность действий, при помощи которых можно получить новые единицы знания, проконтролировать уже существующее знание или построить систему знания. Термин «метод» многозначен. Во избежание недоразумений укажем, что в настоящей работе этим термином обозначаются лишь предложения или совокупность предложений определенного вида. Соответствующие им действия, операции, приемы и т. д. мы будем называть способом действия. Очевидно, что построение любой теории предполагает наличие определенного метода. В свою очередь метод опирается на основные предложения теории, и от него во многом зависят результаты наблюдений, эксперимента и содержание эмпирического знания в целом. Общепризнано также, что в работе любой научной системы важную роль играют задачи, вопросы и цели исследования. Формулирующие их предложения образуют предмет науки (Π_2)¹.

¹ Не смешивать Π_1 (объективный предмет знания, т. е. фиксированную в абстракциях определенную сторону объекта) с Π_2 (совокупностью предложений), формулирующим задачи относительно Π_1 и объекта в целом. В некоторых работах по логике науки эту группу предложений называют «проблемой» или «задачей». Однако это представляется не вполне точным, так как Π_2 включает в себя и некоторые целевые предложения, а также предложения нормативного типа. Вместе с тем предлагаемое нами для этой группы название «предмет науки» также не свободно от возражений, так как оно подает повод для чисто терминологического смешения с объективным предметом исследования. Однако в пользу принятого нами термина — «предмет науки» — говорят следующие соображения. Утверждая, что наука исследует свой предмет, мы нередко имеем в виду не изучение тех или иных сторон объекта, а работу по уточнению, ограничению, систематизации и т. п. определенных проблем, задач и целей. Поэтому для сохранения привычного словоупотребления целесообразно использовать термин «предмет науки», а во избежание путаницы, порождаемой многозначностью слова «предмет», необходимо строго различать «предмет науки» и «объективный предмет исследования» и закрепить это в соответствующих символах Π_2 и Π_1 . Принятие этих терминов оправдано еще и потому, что выделение Π_1 производится на основе задач, проблем и целей, сформулированных в Π_2 . Впрочем, любая другая, более удобная терминология была бы принята с благодарностью.

Кроме того, в большинстве наук (и в первую очередь во всех естественных) можно выделить также особую группу эмпирических предложений, называемых фактами (Φ). Предложения этого рода, имея одинаковую логическую природу с предложениями группы T , отличаются от них тем, что устанавливаются не дедуктивным путем, а на основе индукции, точнее, на базе применения статистико-вероятностных методов, употребляющихся при переходе от внезнаковой деятельности к знаковой. Однако в большинстве прикладных логических исследований главное место занимает анализ групп T и Φ . Поскольку логическая структура предложений в этих группах в общем сходна, в работах, рассматривающих науку на уровне предложений, главное внимание исследователей сосредоточивалось на анализе линейных систем предложений. Вся прикладная логика оказалась приспособленной по существу к исследованию этих, хотя и важных, но далеко не единственных функциональных групп, образующих науку. За последние годы (особенно с развитием теории алгоритмов) внимание логиков все больше концентрируется на исследовании логической природы научных методов и, хотя аналогичные исследования в области P_2 до сих пор еще весьма эпизодичны, все же благодаря проделанной работе можно с большой уверенностью утверждать, что предложения, образующие любую научную систему, в соответствии с их познавательной логической природой могут быть разделены на четыре функциональные группы: теория (T), метод (M), предмет (P_2), факт (Φ). При таком подходе объектом логического анализа оказываются не элементарные предложения и предложения типа $F(s_1 \dots s_n)$, а связи и взаимодействия между функциональными группами. Вся проблема рассмотрения системности науки переводится на новый уровень — на функциональный уровень рассмотрения.

§ 20. Функциональный уровень рассмотрения

На этом новом уровне в качестве компонентов системного объекта «наука» выступают не отдельные предложения, а функциональные группы, число которых фиксировано и которые мы будем называть компонентами состава науки (KC_n). При этом сразу же возникают две проблемы:

1) какие преимущества дает такое понимание компонентов и позволяет ли оно представить науку в виде функциональной системы с определенными режимами и закономерностями функционирования и 2) на основании какой совокупности признаков те или иные предложения включаются в определенные компоненты состава науки. Первый из этих вопросов будет рассмотрен в следующем параграфе, второй — в настоящем.

Предложения, относящиеся к каждому K_1C_n , должны отличаться рядом признаков. Для каждого из компонентов T, M, Φ, Π_2 эти признаки должны быть различимыми и легко фиксируемыми. Попытаемся охарактеризовать их в самом сжатом виде.

1. K_1C_n (теория) — совокупность предложений, отвечающих следующим требованиям:

а) их познавательная роль заключается в том, что они фиксируют основные связи (законы), свойства и отношения объектов (вопрос о том, что называется законом объекта, относится к компетенции теории познания и конкретных наук; в ОТН эти характеристики для каждой предметной области рассматриваются как данные);

б) каждое предложение имеет логическую форму высказываний, т. е. оно что-либо утверждает (или отрицает) относительно какого-либо объекта (ситуации, процесса и т. п.);

в) эти предложения получаются дедуктивным способом (логическая редукция рассматривается как один из видов дедукции) (28);

г) принимают лишь фиксированное множество дискретных значений истинности от 1 до k . В предельном варианте для двузначных логик $k = 2$ (истина — 1, ложь — 0).

2. K_2C_n (факт) — эмпирическое знание. Совокупность предложений, отвечающих следующим требованиям:

а) они являются средством выражения знаний о свойствах, связях и отношениях объектов, фиксированных в эксперименте (т. е. в предметно-орудийной, внезнаковой деятельности);

б) имеют логическую форму высказываний;

в) получаются на основе индукции, т. е. посредством статистико-вероятностных способов обработки результатов эксперимента при переходе от внезнаковых к знаковым видам деятельности; .

г) в силу этого имеют нефиксированное множество ве-

роятностных значений истинности, задаваемых непрерывной шкалой.

Сопоставляя признаки K_1C_n и K_2C_n , мы видим, что известное единство наблюдается лишь в пунктах 1б), 2б). Это позволяет отождествлять чисто логическим способом предложения теоретического и эмпирического уровня (например, в схемах верификации, подтверждения или фальсификации), и мы рассмотрим это в главах V и VI.

3. K_3C_n (метод). Предложения, образующие эту функциональную группу, отвечают следующим требованиям:

а) они описывают состав и последовательность действий (как логических, так и экспериментальных), необходимых для получения определенных единиц знания о данном объекте или объективном предмете (они, следовательно, относятся не непосредственно к объекту, а к некоторой системе действий с объектами или с описывающими его предложениями группы Т и Ф);

б) имеют логическую форму нормативов¹, т. е. являются предложениями со специальными, так называемыми нормативными словами: «сделайте...», «возьмите...», «поделите...», «необходимо нажать кнопку» и т. п.;

в) формальный способ получения нормативов в логической литературе недостаточно выяснен, и мы оставляем вопрос открытым;

г) в качестве логической характеристики, или оценки, принимается критерий осуществимости. Норматив считается осуществимым, если а) описанное им действие может быть выполнено конечным числом шагов, б) не содержит внутренних противоречий и является осмысленным. Например, норматив «Постройте квадрат, все точки которого находятся на равном расстоянии от данной», неосуществим, так как нарушает б). Норматив «Пересчитайте весь натуральный ряд чисел» неосуществим в силу а) и б). Норматив «Вычислите $\sqrt{9}$ » осуществим.

4. K_4C_n (предмет науки). Предложения этой функциональной группы характеризуются следующими признаками:

а) их гносеологическая функция заключается в том, что

¹ В современной логической литературе нормативами или нормативными высказываниями часто называют высказывания, выражающие этические и правовые предписания и нормы поведения; однако в настоящей работе этот смысл приниматься в расчет не будет.

они формулируют задачу и цель познания. По существу предложения этого рода устанавливают отношение между известным (касающимся данного объективного предмета) и неизвестным. Например, если известно, что данный объект имеет форму шара, но неизвестно, какова длина его диаметра, т. е. какое число можно поставить в соответствие диаметру данного шара, то ставится задача выяснить, какова длина его диаметра;

б) из этого нетрудно усмотреть, что логической формой предложений данного класса является вопрос¹. Однако логическая природа вопроса до сих пор не исследована в сколько-нибудь удовлетворительной степени. Поэтому при рассмотрении логической формы вопроса мы апеллируем к обычной интуиции;

в) отношение вопросительных предложений к логическому способу их установления недостаточно выяснено, и мы оставляем вопрос открытым;

г) в качестве логической характеристики, или оценки, принимается критерий допустимости. Вопрос считается допустимым, если: а) на него можно ответить любым осмысленным (ложным или истинным) высказыванием или (осуществимым, неосуществимым) нормативом; б) он не содержит в себе противоречия и не нарушает установленного в данном языке критерия осмысленности.

Предлагаемое здесь описание основных компонентов состава науки, разумеется, не свободно от ряда недостатков и носит схематический характер. Однако для наших целей оно представляет вполне работоспособную схему, дающую адекватное представление о системных компонентах исследуемого объекта. Можно, пожалуй, возразить против исключения из состава науки в качестве самостоятельного компонента гипотезы. Однако с чисто логической точки зрения эти возражения кажутся малоэффективными. Во-первых, предложения, образующие гипотезы, ни по своей гносеологической функции, ни по логической форме принципиально не отличаются от предложений, формулирующих теорию.

Отличие состоит лишь в степени подтвержденности последних фактами. Во-вторых, выделение дополнительного

¹ Кроме вопросительных предложений, в предмет науки могут входить, как уже отмечалось, целевые и нормативные предложения, а также высказывания (особенно при формулировании условий задачи), но имеющие вопросительные предложения являются наиболее типичным представителем этого компонента.

компонента науки, несколько усложняя анализ процесса ее функционирования, по существу не может изменить самого принципа рассмотрения системы на функциональном уровне.

Аналогичные возражения могут быть сделаны и в связи с предложениями о более дробном членении компонента Π_2 , например, выделении особой группы целевых предложений и т. п.

При более детальном рассмотрении процесса функционирования целесообразно представить соответствующие функциональные группы не в качестве самостоятельных компонентов системы, а в виде подклассов основных компонентов.

С учетом сказанного приведенные выше характеристики основных компонентов состава науки могут быть сведены в таблицу (см. стр. 81).

Наконец, необходимо выяснить те логические признаки, которые позволяют рассматривать различные функциональные группы в качестве компонентов одной и той же науки на всем протяжении ее функционирования и развития. Такими признаками являются: 1) наличие единого логического синтаксиса, определяющего правила построения всех типов предложений (высказываний, нормативов и вопросов), входящих в качестве элементов в различные компоненты состава науки (C_n); 2) предложения каждого компонента должны содержать термины, обозначающие O или Π , данной науки и подчиняться условиям, сформулированным в § 15. Первый дает критерий формальной осмыслинности для всех предложений данной науки. Он, следовательно, определяет корректность построения предложений с точки зрения формального синтаксиса языка данной науки и его не следует путать с критерием эмпирической осмыслинности, который говорит о возможности эмпирической проверки и подтверждения теоретических предложений. Второй указывает на необходимость связи всех компонентов состава науки с определенным объектом и объективным предметом знаний. Обозначим оба эти признака символом L . Предложения науки, к какому бы компоненту они ни относились, должны обязательно отвечать также и признаку L . В соответствии со сказанным, полный критерий, позволяющий относить любое предложение x к составу данной науки, может быть представлен так:

$$(\forall x)(x \in C_n) = L(x) \cdot (x \in T : x \in \Phi : x \in M : x \in \Pi_2)$$

	Тип знания	Логическая форма	Способ получения	Логическая оценка
Теория	Знание о законах функционирования и развития объектов	Высказывание	Дедукция	Истина Ложь Фиксированное множество дисcretных значений $K_1 C_h$
Факт	Знания о свойствах, связях и отношениях объектов, фиксированных в эксперименте	Высказывание	Индукция	Истина Ложь Нефиксированное множество значений $K_2 C_h$
Метод	Знания о действиях, необходимых для получения новых единиц знания и т. п.	Норматив	—	Осуществимо Не осуществимо $K_3 C_h$
Предмет науки	Формулировка задач и целей познания	Вопрос	—	Допустимо Не допустимо $K_4 C_h$
	a)	б)	в)	г)

Здесь знак « $:$ » обозначает исключающую дизъюнцию, а x — переменное для предложений, входящих в состав науки. Этот критерий, кстати, позволяет указать удобный логический способ для выявления тождественности отдельных компонентов состава науки самим себе, той самой тождественности, которая по условиям § 17 необходима каждому компоненту функционирующего агрегата и которая не осуществима при анализе науки на уровне предложений. В самом деле, для любого x , входящего в состав науки, оказывается, что он непременно попадает в одну из функциональных групп, причем количество и свойства последних не изменяются, как бы ни было велико число входящих в них элементов. Таким образом, важнейшие преимущества рассмотрения науки на функциональном уровне состоят в обнаружении того, что логическая природа ее компонентов не зависит от числа входящих в них элементов.

Подводя итог сказанному, следует внести уточнение в определение науки как системного объекта или, точнее, объективного предмета ОТН. С учетом изложенного выше это определение выглядит так. Наука есть система предложений, построенных в соответствии с определенными логическими правилами. Эти предложения фиксируют знания об определенном объекте и объективном предмете и объединяются в функциональные группы Т, М, Ф, П₂, образующие основные компоненты данной системы.

§ 21. Наука как функционирующий объект

Теперь оказывается возможным ответить на первый вопрос, заданный в начале предыдущего параграфа, и показать, каким образом анализ логической природы компонентов состава науки позволяет представить науку как функционирующий системный объект.

Воспользуемся для этого соответствующей моделью. Эта модель может быть выполнена в виде так называемой «минимальной науки» (H_m)¹. Такой минимальной наукой может быть набор из нескольких предложений. В случае признания предложенного выше состава науки за эталон таких предложений в H_m может быть принято не менее 4—5. (При-

¹ Термин «минимальная наука» вводится по аналогии с термином «минимальная теория», которым пользуется А. Тарский для решения задач, возникающих при анализе дедуктивных теорий (51).

чем каждое может быть простым или сложным). Однако следует сразу оговориться, что такая предельная минимизация наталкивается на значительные трудности, и построение «минимальных наук» приходится осуществлять зачастую на более низких уровнях. Все же этот прием дает ряд преимуществ, заключающихся в том, что модели и моделируемый объект выполняются в одном и том же материале. Этим достигается большая простота и удобство в обращении с подобными моделями, а также возможность сконцентрировать внимание на принципиальной стороне дела, игнорируя вопрос о субстанциональном различии между моделируемым и моделью. Если предложения, входящие в H_m , отвечают всем признакам, содержащимся в § 20, то построенная таким образом минимальная наука с логической точки зрения обладает всеми существенными чертами науки.

Выполнение нормативного предложения, содержащегося в H_m , есть определенный вид деятельности; ее результат фиксируется в определенных предложениях, которые включаются в состав науки. Пополняя ее, они, таким образом, увеличивают общий объем предложений, входящих в состав науки, и служат ступенью ее развития.

Использование минимальных наук в качестве моделирующего средства предполагает применение принципа полиструктурности научных знаний. Краткая характеристика его заключается в следующем.

Всякая система представляет собой совокупность связанных элементов, выступающую в некотором отношении как нечто целое и подпадающую под действие некоторых специфичных для нее законов¹. Характер системы, степень ее сложности определяются числом связей, порядком их установления, а также набором связей, объединяющих различные группы элементов. При некотором конечном множестве n элементов минимальное число связей может быть $n-1$ (линейная система). Если число связей и элементов совпадает, налицо замкнутая система. Если число связей превышает число элементов, то образуются сложные контакт-

¹ Это понимание системности в широком смысле совпадает с известным определением Берталанфи (61, стр. 307), лежащим в основе концепций системы, предлагаемых рядом авторов. Определение Берталанфи, вопреки упреку Р. Акофа (28) в том, что оно применимо лишь к материальным системам, оказывается достаточно работоспособным и при анализе систем знания, как это видно из дальнейшего рассмотрения.

но-лучевые системы, в которых отдельные элементы могут быть связаны с некоторыми другими элементами системы (в предельном случае действует принцип «каждый со всеми»). Так как связи реализуются через определенные отношения, что хорошо известно в логике, а сами отношения могут быть

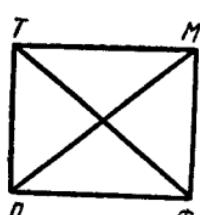


Рис. 1

весома различными, то системы подобного рода могут реализовываться в различных структурах, число которых может быть более или менее значительным. Жертвуя строгостью в пользу наглядности, поясним это следующим образом. Допустим, что имеется система из 4-х элементов P , T , M , Φ , каждый из которых связан со всеми другими

одной связью. Если изобразить эти элементы в виде фиксированных на плоскости точек, а связи — в виде линий, то графическая схема будет представлена рисунком № 1. Выбрав произвольное ограничение: 1) что все элементы связаны, 2) что число связей должно быть $n-1$ и 3) каждый элемент устанавливает не более двух связей, мы можем для каждого момента времени получить структурные схемы, изображенные на рисунке № 2.



Рис. 2

Заменив ограничение сторон на «число связей равно n », получим структуры, изображенные на рисунке № 3.

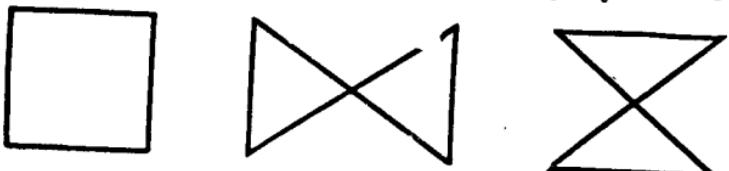


Рис. 3

Меняя остальные условия, мы каждый раз будем получать некоторое конечное число структур, в которых реализуется данная система. Если рассматривать образования P , T , M , Φ , входящие в систему не как предельные, далее не де-

лимые элементы, а как компоненты, заключающие в себе другие, сложные или элементарные ингредиенты, то система в целом приобретает более сложный вид, а количество реализующих ее структур резко возрастает. При этом не все они в функциональном отношении равнозначны. При наличии предварительного задания некоторых вероятностных характеристик соединения отдельных элементов и групп в подобных системах оказывается возможным установить на основании теоретико-вероятностных методов наиболее вероятные варианты структур, в которых реализуется функциональная деятельность различных систем знания. При отсутствии подобных вероятностных характеристик выявление различных структур может быть осуществлено эмпирическим путем на основе изучения некоторых конкретных образцов научного исследования. Такой подход позволяет в ряде случаев обнаружить определенную последовательность преобразований. Рассмотрим это на одном конкретном примере.

Допустим, что нас интересует выявление структур, в которых реализуются системы функционирующего физического знания. В качестве некоторого единичного примера рассмотрим теорию распада медленных нейтронов и соответствующую ей экспериментальную проверку. Приводимые ниже схемы дают лишь очень грубую модель, однако достаточно ясную для иллюстрации высказанных выше суждений. Пусть Т данной физической концепции включает в себя следующее знание: теоретический расчет показывает, что при β -распаде медленных нейтронов могут иметь место варианты: а, в, с, t^1 . П₂ (задача) состоит в том, чтобы экспериментальным путем выяснить, какой из указанных вариантов соответствует реальному протеканию процесса и верифицируется им. Для решения указанной задачи необходимо: 1) построить экспериментальную установку, состоящую из генератора частиц (нейтронный котел) и прибора, фиксирующего продукты распада и их энергии (осциллограф); 2) для получения достаточно плавного графика спектра распада необходимо провести не менее n единичных актов измерения (в реальном эксперименте $n = 3 \cdot 10^4$); 3) для получения объективной картины распада и устранения искажений и помех в основном устройстве необходимо

¹ а, в, с, t — сокращенные названия: а — аксиально-векторный вариант; в — векторный вариант; с — скалярный вариант; t — тезиорный вариант.

произвести контрольно-измерительные исследования (в реальном эксперименте обстрел основной установки из точно откалиброванной «протонной пушки» с последующим применением метода Монте-Карло); 4) полученные в эксперименте эмпирические данные должны быть подвергнуты статистической обработке, и полученное статистическое резюме (факт) сравнено с вариантами а, в, с, т. (Предложения 1—4 образуют метод — М). Φ — знание, полученное в эксперименте, показывает, что имеет место процесс А (условный символ введен нами), что позволяет установить точное соотношение между вариантами а и в (ранее было доказано, что теоретически установленные варианты с и т в β -распаде не осуществляются).

Очевидно, что с получением знания, зафиксированного в Φ , сопоставлением его на основании пункта 4 с предложениями, входящими в Т, задача, сформулированная в Π_2 , оказывается решенной, и дальнейшее движение осуществляется при условии формулирования некоторой новой задачи Π'_2 . Графически мы можем изобразить эту структуру в виде рис. 4. На этой схеме Π_2 , Т, М, Φ изображают соответствующие компоненты состава науки.

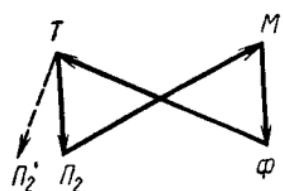


Рис. 4

Сплошными стрелками показаны направления последовательного применения и функционирования компонентов; пунктирная стрелка обозначает переход в Π'_2 ; исходным пунктом является Т. Разумеется, описанная структура не является ни единственной, ни универсальной. Выявление других видов структур, в которых функционируют системы научного знания, и фиксация структур, подчиняющихся принципам замкнутых однозначных преобразований, могло бы позволить построить и представить функционирующие научные дисциплины как особого рода машины¹. Можно ожидать, что такое представление окажется весьма плодотворным и откроет перспективы для применения методов кибернетики, для построения устройств, моделирующих и реализующих элементы научной деятельности. Однако эта сторона дела остается открытой и не будет рассматриваться в настоящей работе.

¹ Термин «машина» употребляется здесь в том же смысле, что и в книге Р. Эшби (58).

Глава IV · ПРОБЛЕМА ТОЧНОСТИ И АДЕКВАТНОСТИ ЯЗЫКА НАУКИ

В предыдущих главах, обсуждая формальное строение знания и закономерности функционирования систем знаний, мы постоянно пользовались понятием «язык науки», употребляя его в общепринятом смысле. В целях дальнейшего анализа необходимо подробнее остановиться на основных характеристиках этого языка. Известно, что язык науки возникает на базе естественного языка. Последний, будучи универсальным, т. е. пригодным для выражения эмоций, различных психических состояний и знаний о самых разнообразных объектах, является основным средством хранения и передачи информации в обществе. Но в силу своей универсальности он обладает рядом недостатков. К ним относится в первую очередь полисемия, проявляющаяся в том, что почти каждое слово естественного языка имеет более или менее широкий набор значений, выбор которых не регулируется специальными правилами и определяется контекстом языковой деятельности или интуицией. Другой его недостаток заключается в сложности и неопределенности применяемых в них синтаксических правил. Эти недостатки особенно резко ощущаются, когда приходится обрабатывать большой объем информации, требуется повышенная скорость обработки, необходима высокая точность или простота формулировок и рассуждений. В связи с этим создаются специальные языки, обладающие рядом особенностей. К их числу принадлежат профессиональные языки, шифрованные языки, сигнальные языки (например, дорожная сигнализация) и т. д., а также язык науки, который отличается рядом признаков как от естественного, так и от других специальных языков.

Язык науки должен обладать обширным набором лексических и логико-грамматических средств, позволяющих реализовать в нем все компоненты состава науки. Поскольку речь об этой стороне дела шла в предыдущей главе, мы не будем ее касаться снова и сосредоточим свое внимание на точности и адекватности языка науки, рассматриваемых в качестве его важнейших признаков.

§ 22. Точность и адекватность

Термины «адекватность» и «точность» в современной науке определяются далеко не однозначно и к тому же нередко отождествляются. В самом общем виде различие между понятиями «точность» и «адекватность» языка можно выяснить при помощи следующего примера. Допустим, что нам необходимо для решения некоторой технической задачи выбрать металлический стержень определенной длины. Пусть нам также в момент времени t дано предложение: 1) «Длина стержня равна 1,75 м». Однако, измеряя стержень в момент t_1 , мы устанавливаем, что его длина равна 1,76 м. На этом основании мы можем утверждать другое высказывание: 2) «Длина стержня равна 1,76 м». Если по истечении некоторого времени в момент t_2 в результате нагревания длина стержня увеличится еще на 0,01 м, то справедливым будет утверждение: 3) «Длина стержня равна 1,77 м». Сравнивая эти три высказывания, мы замечаем, что все они в одинаковой мере понятны, осмыслианы и точны в общепринятом смысле слова. Под точностью в данном случае понимается то, что каждое из этих высказываний дает количественно однозначную информацию о длине стержня, определенную с точностью до второго знака после запятой, и стало быть, с точки зрения точности (но не с точки зрения числовых значений) эти высказывания эквивалентны. Однако эта информация не всегда соответствует реальной длине стержня. Так, в момент времени t_1 высказывание 1) не адекватно, а высказывание 2) адекватно реальной длине стержня. В момент времени t_2 адекватным оказывается высказывание 3), но не 2) и не 1). Адекватность в этом случае выступает как мера совпадения, соответствия численного значения длины, утверждаемой в том или ином высказывании, с длиной стержня, устанавливаемой в момент t_1 , t_2 и т. д. при помощи того или иного измерительного прибора. Следовательно, будучи равноточными в указанном смысле слова, высказывания 1), 2), 3) не являются равнoadекватными. Таким образом, точность и адекватность, рассматриваемые как особые свойства языка науки, не идентичны. Они выявляют различные стороны, связи и отношения языка и не могут быть сведены (хотя и не исключают) к простой количественной характеристике. Для более полной экспликации смысла терминов «адекватность» и особенно-

но «точность» языка науки рассмотрим вкратце некоторые другие их значения.

«Точность» в современной науке понимается в нескольких различных смыслах. Наиболее распространенными из них являются следующие: 1) Точность вычисления. В вычислительной математике она рассматривается как сравнительная характеристика результатов вычисления. Так, если в результате вычислений некоторой величины x получены два значения: $x_1 = 1,76$ и $x_2 = 1,763$, то значение x_2 считается более точным, чем x_1 . Здесь, как видно, точность определяется числом знаков после запятой. 2) Точность измерения. В экспериментальных и технических науках она рассматривается как сравнительная характеристика результатов измерения при наличии одной и той же измерительной процедуры. При статистических измерениях точность измерения зависит как от числа отдельных актов замера, так и от точности измерительных приборов. При так называемых технических измерениях, осуществляемых на основе единичного замера, она целиком зависит от точности приборов. 3) Точность измерительных приборов. Измерительный прибор как в экспериментальной физике, так и в промышленности выступает как средство определения числовых значений тех или иных параметров изучаемых объектов. Точность или чувствительность прибора (C) определяется как отношение двух величин ΔN и ΔA , т. е. $C = \frac{\Delta N}{\Delta A}$, где ΔN — перемещение указателя (стрелки или другого индикатора) прибора, а ΔA — изменение измеряемой величины, вызвавшей это перемещение.

Во всех этих случаях, как легко заметить, «точность» рассматривается не как абсолютная, а как условная, релятивная характеристика сопоставляемых процессов, процедур или приборов. Хотя ни одно из перечисленных пониманий точности не может безоговорочно рассматриваться как характеристика точности языка науки, они нередко используются как аналоги последней, что порой ведет к упрощенному и даже негативному отношению к проблеме точности языка науки. Проводя параллель между пределом точности, существующим для любых технических измерений, и точностью языковых выражений, Мизес (84, стр. 25) замечает, что подобно тому, как нельзя метром совершенно точно измерить расстояние между двумя городами, невозможно дать совершенно точное определение таких понятий,

как «стол», «истина» и т. п. Развивая это положение, он замечает: «... вопрос о точном, совершенном, подлинно объективном смысле предложения противоречит основным фактам употребления языка» (84, стр. 26). В этом замечании Мизеса явно смешаны различные вещи. Бессспорно правильно, что абсолютная точность в языке вообще и особенно в естественных языках недостижима, ибо само понятие «точность» есть лишь абстракция, возникающая в результате некоторой идеализации процесса уточнения. Поэтому, говоря о точности языка науки, следует иметь в виду лишь его относительно более высокую точность в сравнении с языком естественным. Вся проблема точности языка науки сводится, следовательно, к двум моментам: 1) к указанию критериев точности и 2) к выяснению средств повышения относительной точности выражений одной языковой системы по отношению к другой. Но недостижимость абсолютной точности никак не следует отождествлять с недостижимостью объективности и адекватности.

Таким образом, рассмотренные выше различные понимания точности не могут быть непосредственно применены к языку науки, хотя некоторые весьма полезные аналогии здесь возможны. Следует иметь в виду, что логический анализ языка науки подразумевает особое, отличное от предыдущих понимание точности и соответствующее понимание адекватности. Во избежание недоразумений, порождаемых многозначностью этих терминов, укажем, что в дальнейшем мы под точностью языка науки будем понимать не метрическую информацию, содержащуюся в предложении (т. е. сообщение о весе, длине и т. п.), а лишь грамматическую определенность и правильность. Язык считается точным, если все его термины каким-либо образом однозначно определены и каждое предложение, содержащее такие термины, построено по заранее определенным правилам. Язык считается адекватным, если получаемые в нем предложения могут описать все существующие или возможные ситуации в области объектов, информацию о которых выражает, хранит и передает данный язык.

§ 23. Стратиграфия языка науки

В 1 главе уже говорилось, что изолированные формальные знаковые системы не могут рассматриваться как язык в строгом смысле этого слова, поэтому ориен-

тированность языка на определенную онтологическую систему следует рассматривать как необходимую предпосылку и условие его нормального функционирования. Исследование связи языка науки с соответствующей системой объектов позволяет выделить несколько языковых слоев, или стратов. Понимание логико-методологической функции каждого из этих слоев весьма существенно для изучения соотношения точности и адекватности в языке науки.

Довольно часто под языком науки понимают лишь ту знаковую систему, которая фиксирует знание об определенных объектах, их свойствах, связях и отношениях. Но сама такая система (если иметь в виду современное состояние науки) может быть построена лишь при помощи другой языковой системы. Эту последнюю иногда называют вспомогательной, или метаязыком.

Таким образом, на начальной стадии изучения языка науки можно выделить по крайней мере два страта. Первый из них — объектный и собственный язык (S_o), второй — вспомогательный, или метаязык (S_m). Функция первого заключается в том, чтобы фиксировать знание о соответствующей системе объектов. Поэтому он должен включать в себя необходимые для этого лексико-грамматические средства, в том числе термины, находящиеся в отношении обозначения к изучаемым феноменам. Функция второго состоит в построении, описании и даже исследовании объектного языка. В силу этого S_m фиксирует, хранит и перерабатывает знания об объектном языке, который сам оказывается объектом для S_m . Отношение между S_m и S_o регулируется тем, что вторая система строится и исследуется при помощи первой. Подобное отношение осуществимо лишь тогда, когда предложения S_o могут быть выражены на языке S_m . Это означает, что S_m всегда богаче, чем S_o . Выражение «богаче» следует понимать в том смысле, что при выделении согласованных лексико-грамматических единиц S_m содержит таких единиц больше, чем S_o . Хаттен по этому поводу замечает, что S_m должно содержать по меньшей мере на одно предложение больше, чем S_o (77). Практически такой разрыв бывает весьма значителен, что нетрудно заметить в тех случаях, когда оба языка выражены в легко сопоставимых символических единицах.

В объектных языках, особенно когда речь идет о естественных науках, в свою очередь можно выделить несколько довольно четко разграниченных слоев. В качестве примера

рассмотрим строение языка современной физики¹. В языке большинства современных физических дисциплин вполне отчетливо выделяется слой, который можно было бы назвать логическим (а). К нему относятся логические правила, выводы, а также логические слова (знаки), служащие для обозначения кванторов, логических связок и операций. Удельный вес этого слоя возрастает по мере того, как возрастают тенденции к аксиоматизации и формализации тех или иных разделов физики. При исследовании факторов, влияющих на повышение точности языка науки, языковые средства, относящиеся к этому слою, обычно рассматриваются как данные, т. е. такие, точность которых вполне определена в системе символической логики и не влияет на изменения точности собственного языка физики. В любой физической дисциплине можно также отчетливо выделить слой б): совокупность математических выражений — дифференциальных и интегральных уравнений, алгебраических построений и т. п. Значительная часть предложений современной физики вообще не могла бы быть сформулирована без подобного математического аппарата. Тем не менее эти выражения не являются собственно физическими и могут быть построены и развиты в системе математики безотносительно к их применению в физике, хотя это не отрицает того обстоятельства, что многие разделы математики возникли и продолжают развиваться, так сказать, под диктовку физики и других естественных наук.

Наконец, в языке физической науки выделяется особый слой (в), состоящий из собственно физических терминов, например, масса, скорость, ускорение, спин, электрон, электромагнитное поле, заряд и т. д., а также правил оперирования этими терминами, их определение и интерпретация. Этот слой несет главную гносеологическую нагрузку.

С большей или меньшей отчетливостью аналогичные слои могут быть выделены в большинстве современных естественных наук. В дальнейшем мы в соответствии с принятой здесь рубрикацией будем называть их слоем а), слоем б) и слоем в). Слой в) в свою очередь может быть подразделен на несколько стратов. Это деление производится на основании разграничения теоретических и эмпирических пре-

¹ Мы опираемся на анализ языка современной физики, содержащийся в работе Хаттена (77).

дикатов. Последние нередко также называются предикатами наблюдения. Предикаты первого рода выражают свойства, связи и отношения, необходимые для формулирования законов науки. Эти свойства, связи и отношения в большинстве своем не поддаются прямому наблюдению и непосредственно не фиксируются средствами предметно-орудийной деятельности. Напротив, предикаты второго рода служат для выражения знаний о непосредственно эмпирически наблюдаемых свойствах и отношениях. Страт слоя в), содержащий теоретические предикаты, обычно называется языком теории (S_T) и служит для построения научных теорий. Страт, содержащий предикаты наблюдения, называется языком наблюдения данной науки (S_B). Некоторые авторы, например Лайнфелнер¹, выделяют также особый, корреспондирующий язык — язык связи, посредством которого осуществляется переход от S_T к S_B и наоборот. В главах V—VII, рассматривая процесс функционирования и построения теоретического и эмпирического знания, мы постоянно будем сталкиваться с разграничением собственного языка науки на страты S_T и S_B . Сейчас же рассмотрим, в какой мере на точность языка науки влияют слои а), б) и в) и в какой мере они детерминируют ее изменение.

§ 24. Словарь науки

Как и во всяком языке, в собственном языке науки можно выделить две группы языковых феноменов. К первой относятся термины, слова, ко второй — правила оперирования со словами при построении предложений и правила образования одних предложений из других. Начнем с анализа элементов 1-й группы, т. е. словаря науки. Лексический материал, встречающийся в собственном языке любой науки, может быть разделен на собственные дескриптивные термины, а также логические и математические знаки, значение которых целиком определяется в соответствующих логических и математических системах (слои а) и б). Знаки, относящиеся к слоям а) и б), задаются словарями вспомогательных систем, применяемых при построении данного собственного языка. В словарь собственного языка включаются, следовательно, только дескрип-

¹ Лайнфелнер соответственно обозначает эти языки L_T , L_o , L_c .

тивные термины, приведенные в определенную связь с элементами системы объектов, образующей онтологическую модель данного собственного языка, и служащие основными средствами фиксации знаний об этих элементах. Дескриптивные термины физики, химии, биологии и т. д. включаются в словари этих наук. Если дескриптивные термины физики встречаются при описании объектов химии или биологии, то в словари этих последних они не входят и рассматриваются как термины, заимствованные из словаря физики, в котором они считаются определенными.

В отличие от словарей естественных языков, включающих все самостоятельные лексические единицы в качестве своих равноправных элементов, в словаре собственного языка науки проводится четкое деление между базисными и производными терминами. К базисным относятся термины, на основании которых строятся все остальные термины собственного языка, причем сами базисные термины рассматриваются как далее не разложимые (в данной системе), т. е. такие, которые не могут быть заменены или сведены к другим дескриптивным терминам данной науки, хотя они могут определяться дескриптивными терминами другой науки. Производные термины получаются из базисных путем объединения последних различными логическими связками, математическими формулами или коррелятами, содержащимися в естественных языках. Производные термины могут, следовательно, в довольно широких границах заменяться другими производными терминами и в конечном счете могут быть представлены через систему базисных. Эту особенность построения словаря науки и образования входящих в него терминов будем называть основным правилом словаря науки.

Для пояснения воспользуемся примером словаря географии, заимствованным нами из работы Б. Рассела «Человеческое познание». Для того чтобы география могла выполнять роль науки о поверхности земли, а не какого-либо другого сфера, ее базисный словарь¹ должен обладать двумя терминами: «Гринвич», «Северный полюс». Однако термин «Гринвич» может быть с таким же успехом заменен названием любой другой согласованной точки на поверхности земли. Но само наличие некоторой географичес-

¹ Сам Рассел называет такой словарь не базисным, а минимальным (39).

кой точки, выполняющей роль «Гринвича», обязательно. Если считать, что термины вроде «вода», «горная порода», а также формулы, необходимые для отсчета расстояний, названий растений и животных, соответственно определены в словарях физики, минералогии, геометрии, ботаники, зоологии и т. д. и используются в словаре географии как результат заимствования из других наук, то, по утверждению Рассела, двух слов «Северный полюс» и «Гринвич» вполне достаточно, чтобы описать все географические явления и всю историю их открытия.

Для выяснения роли слоев а) и б) в построении собственного словаря науки обратимся к простейшим понятиям классической кинематики. Базисными для словаря этой науки являются термины: путь — s и время — t . Путь определяется либо в терминах геометрии как расстояние между двумя точками на произвольной линии, либо в терминах естественного языка как некоторое расстояние, причем последнее предполагается понятным. Время, как правило, вообще не определяется и берется как нечто интуитивно очевидное¹. Все остальные термины кинематики — скорость — v , ускорение — w , средняя скорость — \bar{v} , ускорение в точке — w и т. д. — являются производными от s и t . Они вводятся следующим образом:

$$\text{I. а)} \quad v = k \frac{s - s_0}{t - t_0}; \quad \text{б)} \quad w = k_1 \frac{v - v_0}{t - t_0} \quad \text{и т. д.}$$

(для равномерного прямолинейного движения). Для неравномерного движения имеем:

$$\text{II. а)} \quad v = \frac{ds}{dt}; \quad \text{б)} \quad w = \frac{dv}{dt} \quad \text{и т. д.}$$

Нетрудно заметить, что формулы I и II групп могут быть получены из чисто математических выражений. Для первой группы: $u = \frac{y - y_0}{x - x_0}$; для II группы: $u = \frac{dy}{dx} = \lim \frac{\Delta y}{\Delta x}$.

Очевидно, что формулы Ia) и IIa) могут быть получены при

¹ Несмотря на то что имеется немало попыток научной экспликации понятия времени, например в (41), даже в самых строгих курсах классической физики, как правило, обходятся интуитивным пониманием времени.

подстановке в математические выражения терминов s , t и v на место y , x и u соответственно, а формулы Iб) и IIб)—при подстановке v , t и w на место y , x и u соответственно. В этих математических выражениях можно выделить знаки, определяемые в различных разделах математики, например, знаки вычитания и деления обозначают операции, вполне определенные в алгебре. Выражения «производная», «дифференциал» однозначно определяются в математическом анализе и т. д. Все эти выражения принимаются в физике как заранее и притом совершенно точно установленные. Таким образом, построение производных терминов кинематики (v , w и т. д.) из базисных (s , t) осуществляется при помощи средств, относящихся к слоям а) и б) и не входящих в собственный словарь физической теории. Анализ построения производных терминов из базисных обнаруживает условия точности производных терминов. Термины, входящие в собственный словарь науки, считаются точными, если: 1) данный термин может быть сведен к базисным терминам или сконструирован из базисных; 2) указаны все средства такого сведения и конструирования, относящиеся к слоям а) и б); 3) все вспомогательные термины, т. е. относящиеся к словарям других наук, участвующие в конструировании или редукции данного термина, рассматриваются как точные и однозначно определенные в своих словарях. Одновременное выполнение всех трех условий является обязательным.

Таким образом, вся проблема точности словаря науки оказывается зависящей от понимания точности базисных терминов. Но именно здесь возникает затруднение, ибо поскольку базисные термины не могут быть определены в терминах других дисциплин или естественного языка, их определение осуществляется посредством терминов других дисциплин или естественного языка. Последние в свою очередь определяются по тому же рецепту, и мы оказываемся в плена бесконечной лексической редукции, приводящей рано или поздно к словарям естественных языков с их полисемией и нарушением основного правила, принятого для словаря науки, а это, как указывал А. Тарский, приводит к разрушению всякой ясности и точности (51, стр. 163—164). Для того чтобы решить, возможно ли преодолеть это затруднение, оставаясь в границах чисто знаковой деятельности, необходимо затронуть некоторые вопросы, связанные с теорией определения и формализации языка науки.

§ 25. Об определении базисных терминов

Теория определений представляет собой один из наиболее сложных разделов логики, включающих методологические, онтологические и гносеологические проблемы. В большинстве современных исследований по теории определений в качестве отправной берется система типологической классификации, предложенная Дубиславом (73). Он выделяет 4 основных типа определений:

«А. Определение заключается в установлении сущности вещей (объяснении вещей).

В. Определение заключается в установлении сущности понятия (конструировании и расчленении понятий).

С. Определение заключается в обнаружении (а не в утверждении) значения, которое имеет знак, или, что то же самое, в обнаружении употребления этого знака.

Д. Определение заключается в утверждении (*Festsetzung*), но не в обнаружении (*Feststellung*) значения (вновь вводимого) знака, или в указании, как его следует применять» (73, стр. 2).

Поскольку нас интересуют лишь способы определения базисных терминов, не выходящие за границы оперирования со знаками, мы ограничимся обсуждением типов определений, предусмотренных пунктами С, Д¹. При этом для наших целей достаточно рассмотреть лишь простейшие структуры определений, не касаясь более сложных. Они могут быть разделены на два основных класса: эксплицитные и имплицитные. В основе этой классификации лежит выделение формальной структуры определения². Определение называется эксплицитным, если оно имеет общий вид: $Dfd = = Dfn$, где символы, стоящие слева и справа от знака «=», являются аббревиатурами «definiendum» — определяемое и «definiens» — определяющее соответственно. Эксплицитные определения могут рассматриваться как чисто формальные способы выражения одних знаков посредством комбинаций

¹ Читатель, более обстоятельно интересующийся современным состоянием теории определений, может почерпнуть необходимую информацию в (15).

² При делении определений на номинальные и реальные, семантические и синтаксические, рекурсивные, конструктивные, субъективные, объективные и т. д. в качестве основания деления берутся другие системы признаков

других. В этом случае Dfd играет роль сокращения для Dfn , и везде, где Dfd встречается в качестве самостоятельного элемента, оно может быть элиминировано и замещено знаками, образующими Dfn . Такое определение также называют равенством по определению и записывают: $A = Def B$, где A выполняет роль Dfd , а $B - Dfn$. Принцип элиминируемости A употребляется во всех случаях для терминов, определенных по этой схеме, и позволяет осуществить reduktion всех производных терминов, содержащихся в словаре науки, к базисным. Однако эти последние не могут быть заменены никакими другими терминами того же словаря, как это следует из содержания предыдущего параграфа. Принцип элиминируемости и предельного сведения к базисным терминам не следует понимать в том смысле, что он реально может осуществляться во всех предложениях науки, где встречаются производные термины, так как при многократности подобных замен длина, а также грамматическая сложность линейной последовательности знаков, образующих Dfd , может оказаться столь значительной, что делает невозможным понимание определений. Поэтому принцип элиминируемости в эксплицитных определениях следует понимать не как рабочий инструмент, а как логический критерий, практически осуществимый для каждого этапа, но не для всей цепи определений¹.

Возвращаясь к трудностям, указанным в конце предыдущего параграфа, можно утверждать, что их позитивное решение в системах, построенных лишь на эксплицитных определениях, невозможно, ибо базисные термины собственного словаря без нарушения основного правила не могут выступать в качестве *definiendum* ни в одном из определений, допустимых для данного языка. Без выхода в другие языковые системы или в области предметно-орудийной деятельности базисные термины в таких системах не могут занимать место Dfd в структуре эксплицитных определений и поэтому в принципе не могут оцениваться как точные

¹ Г. Клаус по этому поводу замечает: «Вообще говоря, возможно записать в нескольких строках все невероятно сложные равенства общей теории относительности. Однако при желании перевести одно из этих равенств, занимающего единственную строку, на обычный язык, нужно было бы написать книгу в сотню страниц. Разумеется, что подобное исследование никогда не будет предпринято, но важно, что такой перевод принципиально возможен» (81, стр. 17).

(см. пункты 1—3, § 24). Предикат «точный» для подобных систем описывает лишь свойства производных терминов.

Обратимся теперь к имплицитным определениям. При имплицитных определениях базисные, или примитивные, термины включаются в ряд предложений — аксиом. Считается, что система аксиом полностью указывает все способы и возможные контексты употребления определенных базисных слов. Это достигается тем, что определяемым терминам приписывается конечное число свойств и отношений, а все иные, не сводимые к ним отношения и свойства оказываются запрещенными. Структура имплицитных определений может быть представлена в виде: $B_1 \dots B_k$, $A_1 \dots A_n$, $B_{k+1} \dots B_m$, где символы $A_1 \dots A_n$ — базисные термины или их комбинации, символы $B_1 \dots B_m$ — термины, относящиеся к слоям а) и б). Ввиду этих структурных особенностей к имплицитно определяемым терминам совершенно не применимы требования замены другими, ибо они не рассматриваются как сокращения определяющих их знаковых последовательностей. К ним, стало быть, неприменим и критерий элиминируемости. В них отсутствует также *definiendum* и *definiens* в том виде, в каком они выступают в эксплицитных определениях. Все определения этого типа строятся как предложения, регулирующие отношения между базисными терминами безотносительно к каким-либо иным. Производные термины в языковых системах, базисные термины которых определяются имплицитно, могут вводиться и при помощи эксплицитных определений, но эти последние играют подчиненную, вспомогательную роль, поскольку в их *definiens* входят термины, сводимые в конечном счете к имплицитно-определенным. Классический образец имплицитных определений дают аксиомы Эвклидовой геометрии, сформулированные Гильбертом. Известно, что Гильберт впервые создал полную и удовлетворяющую всем требованиям современной логики и математики аксиоматику геометрии Эвклида. Его системы содержат 20 аксиом, поделенных на 5 групп. В последней группе содержится 2 аксиомы непрерывности, не имеющие непосредственного отношения к определению базисных терминов геометрии. Эти термины определяются аксиомами 1—4 групп, причем в 4-й содержится единственная аксиома, формулирующая знаменитый 5-й постулат Эвклида о параллельных. В качестве базисных выступают шесть следующих терминов: «точка», «прямая», «плоскость», «между...», «конгруен-

тен», «принадлежать»¹. Три первых есть термины объектов, три последних — термины, обозначающие отношения между объектами. В обычных курсах геометрии точку определяют как то, что не имеет длины, ширины и глубины, прямую — как то, что не имеет ширины и глубины, но зато обладает длиной, и т. д. Аналогичным образом определяют понятие плоскости. Такие определения, апеллирующие к интуиции и наглядности, не делают базисные термины геометрии точными. Напротив, в аксиомах Гильберта не содержится эксплицитных определений точки, прямой линии и плоскости, но описываются отношения, в которые они могут включаться. Для иллюстрации приведем три аксиомы из 1-й группы:

1₁. Для любых двух различных точек А, В существует прямая *a*, принадлежащая каждой из этих двух точек.

1₃. На прямой существуют по крайней мере две точки. Существует по крайней мере три точки, не лежащие на одной прямой.

1₈. Существует по крайней мере четыре точки, не лежащие в одной плоскости.

Остальные аксиомы строятся аналогичным образом. Они полностью описывают все допустимые свойства и отношения, присущие точкам, прямым и плоскостям, даже не упоминая при этом о том, чем являются сами эти точки, плоскости и прямые. Определение этих терминов в силу самой структуры исключает какую бы то ни было возможность сведения этих терминов к терминам, задаваемым в других словарях. Таким образом, имплицитно определяемые базисные термины полностью отвечают условиям точности, сформулированным в пунктах 1), 2) и 3) предыдущего параграфа. Только в системах, подобных аксиоматической геометрии Гильберта, в качестве точных могут рассматриваться не только производные, но и базисные термины. Однако точность этого рода никак нельзя смешивать с семантической однозначностью. Дело в том, что системы аксиом подобного рода удовлетворяют не одному единственному классу или системе объектов, а некоторому множеству подобных классов и систем при условии, что последние изоморфны друг другу. В этом смысле системе аксиом Гильберта, как отмечал он сам, могли бы удовлетворять не геометри-

¹ Для удобства и гибкости речи пользуются также синонимами «лежать на», «проходить через» и т. п.

ческие точки, прямые и плоскости, а некоторые другие объекты, в частности, аксиома 1, при замене точек пивными кружками, прямых — столом, а отношения «принадлежать» — «стоять на ...» превратилось бы в утверждение: «Для любых двух пивных кружек А и В найдется стол, на котором они стоят». В принципе для аксиоматических систем, имплицитно определяющих базисные термины некоторого словаря, можно мыслить бесконечное множество изоморфных, удовлетворяющих им онтологических систем, или моделей. Поэтому такие аксиоматические системы требуют дополнительной семантической интерпретации, выходящей за рамки данной аксиоматики и основанной на так называемых оценочных или эксплицитных определениях. Таким образом, за достижение формально-сintаксической точности базисных терминов, включенных в имплицитные определения — аксиомы, приходится платить потерей семантической точности.

§ 26. Формализация и формализованные языки науки

Анализ точности словаря науки непосредственно приводит к проблеме формализованных языков. В нашей философской литературе нередко отождествляют термины «формализованный язык» и «символический язык». Однако символизация, т. е. замена обычных лексических выражений особыми символами, образует важное, но не единственное и даже не обязательное условие формализации. В большинстве современных логических трудов формализованными называются знаковые системы, для которых выполняются следующие условия.

1. Задается в виде списка алфавит системы, в который входят знаки, изображающие буквы, слова или целые выражения, считающиеся элементарными и служащие материалом для построения других выражений (знаковых композиций). Частным, хотя и распространенным случаем, является полное символическое задание алфавита, особенно в метаматематических и математических системах.

2. Указывается конечное число правил образования выражений из знаков алфавита или список образцов, позволяющий выделять правильные для данной системы выражения (формулы) из числа всех выражений, которые можно построить из знаков алфавита.

3. Указываются правила преобразования одних правильных выражений в другие.

Этот пункт особенно важен, так как именно в нем заключается основное отличие полностью формализованных языков от всех остальных неформализованных языковых систем, ибо грамматика неформализованных языков предусматривает лишь правила образования и отбора правильных (осмысленных) выражений, но не указывает способа чисто формального перехода от одних выражений к другим. В неформализованных языках такой переход всегда требует обращения к содержанию. Если выполнены лишь пункты 1—2, то такой язык, строго говоря, не является формализованным и его целесообразно называть регулярным языком. К числу регулярных относятся многие языковые системы не только в естественных науках, но и в математике. Однако за последние полвека число научных дисциплин, применяющих полностью или частично формализованные языки при решении довольно обширного класса задач, непрерывно возрастает, что объясняется прежде всего высокой точностью таких языков. Если при выполнении всех указанных пунктов алфавит системы задается с широким применением выражений, встречающихся в естественных языках, а не в чисто символической форме, то такая система, не будучи символической, все же остается формализованной. Примером подобного рода может служить уже упоминавшаяся геометрия Гильберта. Для таких систем тем не менее всегда сохраняется возможность заменить обычное написание символическим. В самом деле, аксиомы геометрии Гильберта, приведенные в § 25, изложены в обычной словесной форме. Но так как собственно геометрические термины в этих аксиомах точно перечислены (их всего 6), то для них можно принять символические обозначения: для отношений «принадлежать», «между» и «конгруентен» соответственно R_1 , R_2 и R_3 ; для прямых — a , b , c , для плоскостей — α , β , γ , для точек — x , y , z , и...

Пользуясь стандартной логической символикой, аксиому I₁ можно записать в виде:

$$\forall x \forall y \exists a_{(x \neq y)} [R_1 xa \cdot R_1 ya];$$

$$\bar{I}_3 : \forall a \exists x \exists y_{(x \neq y)} (R_1 xa \cdot R_1 ya) \cdot \exists x \exists y \exists z_{(x \neq y, x \neq z, z \neq y)}$$

$$[\forall a (\overline{R_1 xa \cdot R_1 ya \cdot R_1 za})];$$

$$I_8 : \forall \alpha \exists x \exists y \exists z \exists u_{(x+y, x+z, x+u, y+z, y+u, z+u)}$$

$$[R_1 x \alpha R_1 y \alpha \cdot R_1 z \alpha \cdot R_1 u \alpha]^1.$$

Аналогичным образом можно было бы переписать и остальные аксиомы. Это, между прочим, делает совершенно прозрачной логическую структуру геометрии Гильберта и четко обрисовывает формальное построение его системы, так как, вообще говоря, придав всем аксиомам и теоремам символическую форму, можно полностью игнорировать, что знаки $x, y, a, b, c, \dots, \alpha, \beta, \gamma, \dots$ что-либо обозначают и тем более, что они обозначают точки, прямые, плоскости. То же относится и к символам R_1, R_2, R_3 .

В популярной литературе иногда отождествляют понятия: «формализованный язык» и «аксиоматическая система». В нашу задачу не входит детальное выяснение принципов построения аксиоматических систем, тем более, что теория аксиоматизации представляет один из сложнейших разделов современной логики. Укажем лишь, что формализованные системы представляют собой аксиоматические, если при выполнении всех пунктов 1—3 из числа предложений, соответствующих условиям пункта 2, выбирается некоторое конечное число таких предложений, что из них при помощи правил вывода (пункт 3) дедуцируются остальные правильные выражения этой системы². В этом случае первоначально выбранные выражения образуют аксиомы формализованной системы, содержащие не только имплицитные определения базисных терминов, но и предопределяющие в известной мере структуру остальных фрагментов аксиоматически построенного языка. Слова «в известной мере» следует понимать в том смысле, что логико-грамматическая структура правильных предложений зависит не только от выбора основных аксиом, но и от применяемых правил вывода. Аксиоматические построения, относящиеся к некоторым реальным научным языкам, представляют довольно сложную конструкцию. Учитывая стратиграфию собственного языка

¹ Пользуясь правилами эквивалентных преобразований, эти формулы можно было бы привести к более простому виду, однако мы стремились к буквальному воспроизведению формулировок Гильберта в символическом виде.

² Мы не касаемся здесь вопроса о непротиворечивости, полноте и независимости системы аксиом, так как речь об этом пойдет ниже.

науки, указанную в § 23, такой язык должен был бы включать в себя аксиоматические построения не только для слоя в), но и для слоев а) и б), так как лишь при этом условии была бы гарантирована необходимая точность построения собственного языка науки в целом. В качестве примера рассмотрим аксиоматическое построение евклидовой геометрии, осуществленное Д. Гильбертом. В его «Основаниях геометрии» отчетливо выделяются две группы аксиом. К первой относятся упоминавшиеся выше 18 аксиом, содержащие имплицитные определения базисных терминов геометрии. Вместе с двумя аксиомами непрерывности они образуют аксиоматику слоя в) для евклидовой геометрии.

Поскольку система геометрии Гильberta представляет собой аксиоматическую реконструкцию метрической геометрии Эвклида и в ней доказывается ряд теорем, связанных, например, с учением о пропорциях, исчислением площадей и т. д. (теорема Паскаля и др.), она должна содержать средства, обеспечивающие выполнимость особого геометрического исчисления. Это достигается посредством самостоятельного списка аксиом (их 18), вводящих особую систему объектов. Эти объекты по существу могут рассматриваться просто как отрезки (в обычном геометрическом смысле). Хотя сам Гильберт называет эти объекты числами, а операции с ними — сложением и умножением, нет никакой необходимости, как указывает Рашевский, представлять геометрические объекты и операции геометрического исчисления в виде некоторых наглядных алгебраических процессов, но лишь как некоторые формальные законы оперирования с имплицитно вводимыми объектами. Аксиомы 1—12 второй группы позволяют рассматривать вводимую систему объектов как поле, изоморфное полю действительных чисел. Аксиомы 13—16 упорядочивают поле этих объектов, наконец, аксиомы 17—18, подобно двум последним аксиомам основной системы, являются аксиомами непрерывности. Последняя группа аксиом, обеспечивающая все необходимые процессы исчисления средствами самой геометрии, может рассматриваться как относящаяся к слою б) собственного языка геометрии Гильберта. Аксиомы обоих списков даются Гильбертом не в символической, а в обычной записи. Однако, как уже говорилось, их без особого труда можно было бы представить и в полной символической записи. В самих «Основаниях геометрии» не содержится специальных указаний относительно того, какая логичес-

кая система необходима для чисто формального выведения теорем евклидовой геометрии из принятых аксиом. Подразумевается, что для такого выведения вполне достаточно тех практических навыков дедукции, которыми владеют современные математики. Но если представить аксиомы слоев б) и в) в символической записи, то выведение интересующих нас теорем можно было бы осуществить совершенно формальным путем, присоединив к этим двум слоям соответствующее, аксиоматически построенное логическое исчисление (слой а). И хотя сам Гильберт этого не делает (несмотря на отдельные намеки, допускаемые иногда), можно считать, что подобную роль могло бы выполнять расширенное исчисление предикатов. Разумеется, такая аксиоматизация, охватывающая слои а), б) и в) собственного языка геометрии, может представиться неоправданно громоздким и сложным делом и практически подобное построение осуществляется не так уж часто, однако нас интересует лишь принципиальная возможность таких построений. Исследования, проводившиеся за последние 50—70 лет, неоднократно показывали, что такая формализация с успехом может охватывать более или менее значительные фрагменты математики и естественных наук.

Успехи в этом направлении выдвинули перед философией и логикой вопрос о возможности единого формализованного языка, охватывающего всю науку или по крайней мере единую универсальную теорию. К обсуждению этого вопроса мы теперь и перейдем.

§ 27. О возможности единого формализованного языка науки

Изучение формализованных языков науки и формальных, чисто математических систем начало интенсивно развиваться в конце XIX в. и первые десятилетия XX в. Повышенный интерес к этим исследованиям связан с обнаружением целого ряда парадоксов теории множеств (парадокс Рассела, Бурали-Форти и др.), а также с рядом семантических парадоксов. Так как анализ непротиворечивости формальных систем осуществлялся главным образом благодаря их теоретико-множественной интерпретации, то обнаружение противоречий в этой цитадели классической математики вызвало стремление, с одной стороны, найти способы элиминации парадоксов из оснований матема-

тики, а с другой — исследовать логические операции, гарантирующие построение непротиворечивых языковых систем. Не касаясь работ первого рода, укажем, что исследования второго рода привели к созданию особой концепции, получившей название логицистского направления в математике, восходящего к трудам Фреге и к совместному труду Уайтхеда и Рассела «Principia Mathematica». Одной из центральных идей этой работы было убеждение, что все чисто формальные математические системы могут быть выведены из логики дедуктивным путем¹. Оставляя в стороне другие результаты и идеи «Principia Mathematica», отметим, что мысль о выведении всей математики из единого «логического зерна» оказала большое влияние на многих логиков и философов, занимавшихся в 20-х и 30-х годах нашего столетия исследованиями в области логики науки. Особен-но активно эта мысль была подхвачена участниками вен- ского кружка, попытавшимися применить ее к анализу языка науки. Наиболее отчетливо концепция единого языка науки, получившая название теории физикализма, изложена Карнапом в (65). Сущность этой теории заключается в утверждении возможности выразить все существующие, а также будущие знания о любых объектах посредством еди-ной формализованной языковой системы. В качестве такого языка выбирается язык физики. Аналогия между физикализмом и логицистской концепцией математики обнару-живается уже в том, что физикализм провозглашает прин-ципиальную сводимость языков химии, социологии, психо-логии к языку физики подобно тому, как логицизм провозглашает сводимость математики к логике. В качест-ве обоснования концепции физикализма приводятся следую-щие рассуждения.

Обычное представление о несводимости содержания различ-ных наук к единой основе является продуктом чисто со-держательного подхода к языку науки. Но в той мере, в

¹ Прямыми антиподом логицизма является интуиционистская концепция математики. В отличие от логицизма интуиционизм рассматривает логику как часть математики, утверждая, что первая должна выбираться таким образом, чтобы удовлетворять по-требностям соответствующих математических построений (сравни, например, доклады Карнапа и Гейtingа — 69, 79). Оба эти на-правления до сих пор пользуются поддержкой ряда видных логи-ков и математиков и спор между ними продолжается до наших дней. Критический анализ основных положений интуиционизма содержится в (30, 7).

какой осуществима формализация каждого специального языка (в том, что это возможно, Карнап не сомневается), оказывается возможной взаимная переводимость различных языков. Такой перевод, однако, осуществим не для любой пары языков; например, нельзя перевести язык физики на язык политической экономии, так как средствами последней нельзя описать, например, состояние магнитного поля и т. п. Зато, по мнению Карнапа, всегда осуществим перевод языка любой науки на язык физики. При этом не совершается никакой потери информации. Перевод реализуется путем установления идентичности терминов на основе номинальных (эксплицитных) определений, фиксированных для каждого термина в разных языках. Например, зоологический термин «слон» определяется на языке этой науки: «слон» = *Def* животное, обладающее такими-то и такими-то свойствами. Тот же термин на языке физики может быть определен так: «слон» = *Def* существо, обладающее такими-то и такими-то пространственно-временными характеристиками. При этом предполагается, что такие свойства, как вес, окраска, строение тела и другие качественные характеристики, определяемые в языке зоологии (соответственно социологии, психологии и т. д.), могут быть полностью выражены посредством количественных и в конечном счете пространственно-временных характеристик. Так как наиболее важным оценочным критерием для всех теоретических положений, по крайней мере в естественных науках, является их экспериментальная проверяемость и подтверждаемость, связанные с наблюдением, результаты которого формулируются в особых предложениях — «протоколах», включающих в себя термины наблюдения (красный, кислый, твердый, холодный и т. д.)¹, то для физикализма чрезвычайно важен вопрос об отношении протокольного языка к единому физикалистскому языку науки. Средством формального выведения новых единиц знания из других является, по мнению Карнапа, общая импликация, т. е. формула, имеющая вид: $\forall x(P(x) \supset P(a))$. Пусть мы имеем некото-

¹ В результате полемики между Нейратом и Карнапом (86, 68), к которой впоследствии присоединился и Шлик (92), было предложено заменить термин «протокол» термином «предложение наблюдения» или «констатирования». В современной англо-американской позитивистской литературе синонимами «протоколов» являются выражения «очевидность» и «предложения наблюдения» (88, 70).

рый закон, говорящий, что если для некоторой точки (или интервала) p имеет место некоторое свойство a , то из этого с необходимостью следует, что в точке (или интервале) p' будет наблюдаться свойство a' , причем $a' = f(a)$. Если теперь a — физическая характеристика состава крови (например, число белых и красных кровяных телец и т. п.), то по указанной выше схеме можно вывести наблюдаемое предложение — протокол, например, «кровь красная» (a'). Подобным образом, утверждает Карнап, физический язык содержит все количественные характеристики, позволяющие дедуцировать любые предложения, описывающие результат наблюдения. Совокупность всех протокольных предложений образует особый протокольный язык S , являющийся частью единого физикалистского языка. Каждое предложение q , взятое из произвольной научной области, должно быть переводимо на язык S . Этот перевод осуществляется средствами формальной логики. Если подобный перевод не осуществим, то такой язык считается бессмысленным и непонятным. Отличительная черта языка физики, по мнению Карнапа, заключается в том, что на него может быть переведено любое предложение протокольного языка, «содержащее в себе лишь слова, относящиеся непосредственно к чувственному восприятию или к сфере вещей, и что каждое обычное восприятие даже в донаучной форме может быть на него переведено» (65, стр. 442). Это утверждение заслуживает особого внимания, ибо в нем заключается корень многих принципиальных ошибок в понимании природы языка науки.

Вследствие сказанного, процедура построения единого языка предполагает, во-первых, возможность полной формализации содержательных языков; во-вторых, выведение предложений любой науки из предложений физики, а также возможность редукции любых языков к этим последним. В-третьих, предполагается не только сводимость языков всех наук к языку физики, но и сводимость последнего к предложениям протокольного языка, а также возможность выражения всех предложений формально построенного протокольного языка средствами физикалистского языка. «Физикалистский язык, — утверждает Карнап, — есть универсальный язык; на него может быть переведено любое предложение, в нем может быть выражено любое положение вещей» (65, стр. 442—443). Это утверждение вызывает ряд возражений. Хорошо известно, что некоторые

эмпирические результаты, относящиеся, например, к оптике, не могут быть дедуцированы из единой физической теории. Сошлемся хотя бы на эффект интерференции и дифракции света, с одной стороны, и эмпирические законы испускания и поглощения лучистой энергии абсолютно черным телом — с другой. Теории, объясняющие эти явления, не только различны по своим принципам, но и пользуются несовпадающими физическими языками. Примеры подобного рода дают и другие науки, и нет никаких веских оснований считать это положение принципиально устранимым. К тому же, обнаружение новых предметных областей с совершенно особыми свойствами и отношениями ставит под сомнение возможность создания фиксированного универсального словаря, способного обслужить все возможные знания, подлежащие выражению в едином формализованном языке науки. Но что особенно важно, так это то, что создание такого языка предполагает формализацию всех слоев, стратов. И в первую очередь возникает вопрос, возможна ли такая формализованная система, охватывающая слой а), которая могла бы гарантировать не только точность, но и адекватность единого физикалистского языка. Обсуждение этой проблемы непосредственно связано с результатами, полученными известным австрийским математиком и логиком Куртом Гёделем в 1930—1931 гг.¹. Коротко сущность открытия Гёделя заключается в утверждении, что формализованные языки, родственные языку Principia Mathematica, неполны в широком смысле. Чтобы понять значение этого вывода, следует обратиться к требованиям, предъявляемым к аксиоматическим системам. Важнейшими из них являются три: непротиворечивость, полнота и независимость. Система аксиом считается непротиворечивой, если в ней не могут быть одновременно выведены предложение s и его отрицание $\neg s$ ². Причем, s (соответственно $\neg s$) является правильно сформулированным предложением языка S . Система аксиом считается полной в широком смысле, если в ней могут быть чисто формальным путем получены

¹ Несколько подробнее см. (36).

² Мы не будем приводить другие логически эквивалентные формулировки этого принципа, поскольку данная формулировка более всего отвечает нашим требованиям.

либо s , либо \bar{s} ¹. Наконец, система аксиом считается независимой, если ни одно из образующих ее предложений не может быть выведено из других. В противном случае оно рассматривается как теорема и элиминируется из системы. Последнее требование является, по выражению Рашевского, скорее роскошью, чем жизненной необходимостью, и его выполнение ведет лишь к большей компактности, не влияя на остальные характеристики данного формализма.

Отметим теперь важную для дальнейшего взаимосвязь принципов непротиворечивости и полноты: первый требует, чтобы в одной и той же аксиоматической системе нельзя было получить s и \bar{s} , тогда как второй требует, чтобы в ней выводилось либо s , либо \bar{s} . Нарушение первого принципа вообще разрушает формализованную систему, делает ее бессмысленной, не способной получить какую-либо интерпретацию и, следовательно, давать информацию о системе объектов. Нарушение второго требования, не разрушая системы, в определенной степени ограничивает ее возможности. Языки, родственные *Principia Mathematica*, для которых имеет силу результат Гёделя, являются логически богатыми языками. Это означает, что они, строясь на основе расширенного исчисления предикатов, включают в себя достаточное разнообразие символьических и синтаксических средств, чтобы с их помощью можно было построить формализованную математическую дисциплину, аналогичную формализованной арифметике натуральных чисел. Это весьма существенно, особенно если учесть, что система натуральных чисел лежит в основе других числовых систем. Рассматривая языки такого типа, Гёдель впервые строго доказал, что, будучи непротиворечивыми, они не являются полными в широком смысле. Это означает, что некоторое множество правильно сформулированных предложений такого языка, в том числе и истинных, не может быть выведено чисто формальным путем внутри этого языка. Теорема Гёделя не просто утверждает невыводимость произвольного предложения, но доказывает невозможность вывести некоторые предложения, в содержательной истинности которых нет никакого сомнения. Будучи точными, такие системы ока-

¹ Говорят также, что система аксиом полна в узком смысле, если прибавление к этой системе в качестве дополнительной аксиомы любого не выводимого в ней предложения делает ее противоречивой, однако полнота в этом смысле нас интересовать не будет.

зываются недостаточно адекватными, так как в соответствии с интуитивным пониманием адекватность языковой системы предполагает возможность получения в ней всех содержательно истинных предложений об определенной системе объектов. При помощи формализации того или иного языка можно описать и исследовать значительный, теоретически бесконечный ряд истинных предложений данной науки.

Но этими предложениями не будут исчерпаны все истинные высказывания данной науки. Более того, теорема Гёделя позволяет утверждать, что всегда существует некоторый класс истинных предложений, не выводимых средствами данного формализма S . Можно, разумеется, создать новую формализованную систему S^* , аксиоматически описывающую другой фрагмент науки и позволяющую вывести предложения, не выводимые ранее. Но и в этом случае предыдущий вывод остается в силе, так как, во-первых, в формализованном S^* могут оказаться невыводимыми отдельные предложения S , и во-вторых, даже если S^* является обобщением S и позволяет формальным путем получить все предложения последнего, то по отношению к S^* опять-таки применима теорема Гёделя.

Каждый раз, получая формальным путем все более обширный класс истинных предложений, мы никогда не создадим систему, гарантирующую формальное построение всех истинных предложений науки. Именно эту сторону дела подчеркивал и сам Гёдель (76), говоря, что цель его работы заключается в доказательстве того, что далеко не все истинные предложения той или иной отрасли математики могут быть получены чисто механическим путем из заранее установленных аксиом.

Этим, кстати, строго логически обосновывается невозможность создания единого всеохватывающего формализованного физикалистского языка, идея которого была выдвинута Карнапом почти одновременно с появлением работ Гёделя и который, по мысли Карнапа, должен был дать исчерпывающее адекватное и точное описание всех физических, химических, биологических и психологических явлений.

Однако из невозможности создать единый для всех наук формализованный язык не следует делать вывод, уменьшающий важность построения формализованных языков вообще. Из гёделевской теоремы «о неполноте» следует, что точ-

ная, формализованная система, выступающая в качестве языка науки, не может считаться совершенно адекватной системе объектов, ибо некоторые содержательно истинные предложения не могут быть получены средствами данного формализма, а это означает, что формализация языка науки не избавляет, а, напротив, предполагает содержательные моменты в построении языковой системы.

Формализованные языки, как следует из всего сказанного, не могут быть единственной формой языка современной науки, ибо стремление к максимальной адекватности требует использовать и неформализованные системы. Но в той мере, в какой адекватность немыслима без точности, тенденция к возрастающей формализации языков всех и особенно естественных наук является объективной и прогрессивной, тем более, что аксиоматические методы образуют, по словам Ляпунова (31), наиболее сильные средства современной математики и естествознания. Важным гносеологическим следствием из теоремы о неполноте является обнаружение различий между понятием адекватности и истинности. В изложении этой теоремы приходится апеллировать к интуитивному понятию истинности, относящемуся к области семантики. Сам Гёдель провел доказательство на чисто синтаксическом уровне, пользуясь лишь критериями выводимости (доказуемости). Каждое из $s_1, s_2 \dots$, полученных в S средствами формального вывода, при содержательной интерпретации является истинным. Но ввиду неполноты S оказывается неадекватной системой. Обнаружение того, что вся проблема может быть решена на чисто синтаксическом уровне, привело к важному в философском отношении выводу, что логическая семантика может рассматриваться как надстройка над логико-синтаксическим базисом.

Анализ проблемы точности и адекватности показывает, что формализованные языки не являются абсолютно точными и абсолютно адекватными, но лишь относительно более точными и более адекватными, чем некоторые естественные языки.

Обсуждение того, что представляет собой научная теория, каково ее отношение к объектам науки, каковы ее гносеологическая функция и логическая структура, а также природа фиксируемого в ней знания, занимает если не первое, то, по крайней мере, одно из наиболее почетных мест в большинстве работ по логике науки.

Каждая из этих проблем могла бы составить содержание специального исследования, и мы коснемся их здесь лишь в той степени, в какой это необходимо для решения вопроса о связи теории и факта, или, как иногда говорят, теоретического и эмпирического уровня исследования. Главное внимание при этом будет обращено на те логико-гносеологические характеристики теории, которые наиболее отчетливо обнаруживаются в развитых формах естественных наук.

§ 28. Структура теории

Термин «теория» (T) употребляется различным образом: то как синоним «наука» вообще, то как синоним некоторой интеллектуальной деятельности, например, при выяснении связи теории с практикой, то как обозначение некоторой суммы утверждений, противопоставляемых результатам эксперимента, и т. д. В настоящем курсе под теорией — T — понимается определенный компонент состава науки, т. е. особая совокупность (система) предложений, отвечающая ряду специальных признаков, краткая характеристика которых была дана в § 20.

Характерной чертой этой системы является то, что связи между отдельными высказываниями располагаются в определенном порядке и, следовательно, являются структурированными связями. Этот порядок детерминируется тем типом логического вывода, при помощи которого были получены те или иные предложения. Логический вывод, посредством которого строится научная теория, осуществляется на основании правил, указывающих, каким образом

одни предложения системы могут быть получены из других. Отсюда следует, что каждое предложение системы Т по меньшей мере один раз выступает как посылка или заключение в дедуктивном выводе, посредством которого строится Т. Исключение составляют лишь исходные предложения (постулаты, аксиомы, исходные определения), выступающие только в роли посылок, и некоторые множества дескриптивных предложений, выступающих только в роли заключений, или так называемых «конечных следствий». Собственные предложения теории должны содержать в себе базисные или производные термины собственного словаря науки, благодаря чему достигается их соотнесенность с объектами и объективным предметом данной науки.

Однако структура теории определяется не только принятым типом вывода, но и набором исходных предложений. Это чрезвычайно существенно, так как исследования формализованных аксиоматических систем показали, что в основу одной и той же системы предложений могут быть положены различные исходные предложения.

Если в последовательности высказываний $s_1, s_2 \dots s_n$, образующих теорию, первые m предложений ($m < n$) являются аксиомами, а остальные — теоремами, то в достаточно длинной цепочке предложений почти всегда можно выбрать группу предложений $s_i \dots s_j$, не совпадающую с первоначальными аксиомами и отвечающую основным требованиям, предъявляемым к аксиоматическим системам, такую, что все остальные предложения, включая некоторые или все из прежних аксиом, могут быть получены как теоремы, для которых вновь избранная группа $s_i \dots s_j$ сама будет представлять аксиомы той же системы. Это, между прочим, применимо не только к чисто логическим исчислениям, но и к аксиоматическим системам физики, механики и т. д. Подобная реконструкция аксиоматики системы при сохранении правил вывода и ведет к образованию различных структур. Исследование этого рода чрезвычайно продуктивно, так как позволяет реорганизовать теорию в целях большей простоты, удобства, сокращения числа аксиом и т. п. В этом отношении показательно, например, изменение аксиоматики специальной теории относительности, предпринятое в 1924 г. К. Карапеодори (22). При сохранении данного типа вывода порядок и последовательность получаемых предложений более или менее существенно меняется. В этом, между прочим, отчетливо проявляется принцип полиструк-

турности, оказывающейся работоспособным инструментом не только при исследовании науки в целом, но и ее отдельных компонентов.

В связи с возможностью выделения различных структур, реализующих некоторую теорию, выраженную в формализованном и, сильнее, аксиоматизированном языке, возникает вопрос о том, в каком отношении структура теории находится к структуре объекта, можно ли установить зависимость между ними и если да, то чем она регулируется.

При рассмотрении отношения структуры теории к структуре объектов с самого начала сталкиваемся с рядом трудностей. В самом деле, предполагая структуру объектов в некотором пространственно-временном интервале стабильной, мы вынуждены признать, что возможность формального выделения различных структур в системе адекватной им теории вызывает сомнение в наличии такой зависимости или, по крайней мере, в том, что эта зависимость проста. К такому же сомнению приводит предположение о стабильности структуры теории, фиксирующей знания об объектах с непрерывно меняющейся структурой.

Термин «структура» употребляется зачастую самым неопределенным образом. Чтобы избежать возможных затруднений, укажем, в каком смысле он понимается в настоящей работе. Между явлениями, изучаемыми той или иной наукой, могут существовать самые различные содержательные отношения, например, между числами — отношения «больше», «меньше», «равно»; между людьми — отношения «старше», «молоде», «одногодок» и т. д. Если отвлечься от того, что эти отношения отличаются друг от друга своим содержанием, и рассматривать лишь их логическую форму, то содержательные отношения конкретных наук могут быть описаны в терминах формально-логических свойств, таких, как «транзитивность», «интранзитивность», «рефлексивность», «иррефлексивность» и т. д. При этом оказывается, что такие различные с содержательной точки зрения отношения, как, например, «больше» и «старше», обладают одинаковыми логическими свойствами, а именно — они транзитивны, асимметричны и иррефлексивны. И этим они отличаются от отношений «равно» и «одногодок», обладающих свойствами транзитивности, симметричности и рефлексивности.

Отношения, различные по содержанию, но обладающие идентичными логическими свойствами, имеют одинаковые

структуры. Так, одинакова структура отношений «больше» и «старше» (структуры порядка), отношений «равно» и «одногодок» (структуры типа равенства).

Сравнивая различные системы, мы будем понимать под структурой логические свойства содержательных отношений, существующих между ее элементами. Такое определение позволяет сопоставлять структуры чрезвычайно различных в качественном отношении явлений. Поставим теперь следующий вопрос. Можно ли говорить об идентичности, сходстве или другой форме зависимости структуры теорий от структур изучаемых объектов? На этот вопрос существуют два взаимоисключающих ответа. Один из них, принадлежащий Берталанфи (61, стр. 306), признает структурный изоморфизм научного знания (законов теории) и природы, другой, высказанный Акофом (28, стр. 70), полностью отрицает подобное совпадение структур. Остановимся на этой проблеме подробнее. Напомним, что теория рассматривается как система высказываний (декларативных предложений), а объект — как система элементов, свойств и событий, связанных отношениями последовательности, сосуществования, функциональной зависимости и т. п.

Поскольку логика имеет дело лишь со знаниями, фиксированными в языке, а элементарной формой такой фиксации является предложение, то целесообразно начать с выяснения взаимосвязи структуры предложений, фиксирующих знания об объекте, со структурой объекта (события). Посмотрим, каково отношение структуры эмпирического описания (*d*) и описываемого события.

Допустим, что, наблюдая как под действием груза *P* сломался стержень *b*, мы записываем свои наблюдения в виде двух высказываний: А — «На стержень *b* поставлен груз *P*» и В — «Стержень *b* сломался». Очевидно, что события, описанные в А и В, следуют друг за другом в определенном временном порядке, и при прочих равных условиях этот порядок необратим, причинно детерминирован.

Полное описание этого события может быть представлено в виде А·В, где символ «·» рассматривается как утверждение того, что события, описанные в А и В, имеют место. Однако это утверждение не определяет порядка, в котором элементарное предложение входит в сложное. Истинность последнего не изменится, если мы напишем В·А. Мы можем написать «А вызвало В», «В последовало за А» и т. д., тогда как изменить порядок описываемых событий мы не можем.

Как видно, уже в самом простом примере эмпирического описания событий обнаруживается различие между структурой знакового описания и структурой описываемого процесса. Это несовпадение структур мы будем называть структурным диссонансом. Оно становится еще более заметным, когда осуществляется переход от отдельного описания (d) к системе описания ($D = d_1, d_2 \dots$), включающей множество предложений, фиксирующих свойства, связи или состояния изучаемых объектов. Дело в том, что любая система описаний представляет собой линейную последовательность записей, строится по принципу «одно вслед за другим». Но события или свойства, фиксированные в этой системе, могут, особенно в функционирующих процессах, взаимодействовать по принципу «одно наряду с другим», то есть по принципу, не применимому к системам записи.

Таким образом, и для генетических процессов, в которых события и элементы не повторяются или повторяются лишь отчасти, и для имеющих по сравнению с ними совершенно отличную структуру процессов функционирования, протекающих в режиме повторяющихся циклов, могут применяться идентичные по структуре системы описания. Можно еще добавить, что расположение отдельных записей в системе описания часто детерминируется произвольно выбираемой последовательностью наблюдений, а не структурой объектов.

В эксперименте, выясняющем прочность стержня b , последовательность экспериментальных действий непривольна. Но в эксперименте по измерению удельного веса вещества последовательность измерений объема и веса тела зависит в известной мере от произвола исследователей. Влияние активности ученого на порядок получения эмпирических описаний отчетливо обнаруживается также в эксперименте по измерению координат и импульса элементарных частиц. В квантовой механике утверждается, что одновременное получение этих характеристик невозможно, тогда как раздельно они могут быть получены с высокой степенью точности. Порядок их измерения, а следовательно, и порядок получения эмпирических описаний, зависит от деятельности экспериментатора, его целей, технических средств и т. п. Таким образом, на характер и структуру системы D , состоящей из ряда эмпирических описаний $d_1, d_2 \dots d_n$, влияют творческая активность исследователей, план эксперимента, наличие и технические характеристики

оборудования и т. д., т. е. факторы, в явной форме не учтываемые теорией и, как мы видели, не влияющие на ее структуру, зависящую от типа вывода и набора исходных предложений. То обстоятельство, что из состава теории элиминируются (часто сознательно) всякие указания на творческую активность исследователя и способ приобретения эмпирических знаний, как отмечает А. Зиновьев (18), не случайно: оно обусловлено тем, что задача теории — дать готовое знание о законах, основных свойствах и отношениях изучаемых объектов, тогда как способы и средства манипулирования с объектами, ведущие к приобретению этого знания, относятся к компетенции метода, являющегося особым компонентом состава наук. Как видно, системы предложений, образующих теорию, и последовательность эмпирических описаний отличаются не только по своему характеру, но и по структурам, причем различие это, ведущее к новому структурному диссонансу, детерминируется различием в факторах, влияющих на построение этих систем. Отсюда, кстати, вытекает необходимость четкого разграничения теории и эмпирических описаний. Иногда полагают, что понимание теории как системы эмпирических описаний свойств, состояний и т. п. объектов является признаком ее материалистической интерпретации. Однако в действительности это лишь пережиток наивного сенсуализма XVII—XVIII вв., явившегося, в частности, одним из источников субъективного эмпиризма Маха. Мах, пытаясь изгнать из научной теории все следы познавательной активности ученого, которую он оценивал как проявление антропоморфизма в науке, рассматривал теорию как сумму простых эмпирических описаний. Но, встретившись с трудностями рассмотрения науки на уровне предложения, он перешел к пониманию теории как сокращенной форме системы эмпирических описаний. Даже философы, в общем симпатизирующие маховскому позитивизму, вынуждены признать, что гипертрофированная эмпирическая интерпретация теории не отражает действительного положения дел. «... Не может быть никакого сомнения в том, — замечает в этой связи С. Тоулмин, — что данные наблюдения и теоретические доктрины не могут быть связаны таким образом, как думал Max» (96, стр. 41). Поскольку теория не может быть представлена ни как отдельное эмпирическое описание, ни как линейная система таких описаний, ни как простое «сокращение», структуры теорий необходимо отличаться как от

структурой исходных объектов, так и структурой перечисленных знаковых конструкций. Наличие структурных диссонансов уничтожает всякую возможность проведения примитивных параллелей между структурами теории и структурами и свойствами объектов, фиксированными в опыте, что особенно отчетливо обнаруживается в высших разделах естествознания. Не случайно, по-видимому, Хр. Я. Христов начинает свою статью о связях квантовой теории с опытом словами: «Нет законченной теории, удовлетворяющей всем требованиям логики, результаты которой полностью совпадают с данными опыта» (53, стр. 109).

Вместе с тем столь же неправомерно утверждение о полной независимости и несвязанности структур теории и объектов. Если бы это было так, то теория не могла бы фиксировать знание об объекте, служить эвристическим целям и выполнять свои основные гносеологические функции — предвидеть и объяснять объективные события.

Но если не только структуры и свойства теории, но даже структуры и свойства линейной системы описания и отдельных ее элементов не совпадают со структурой и свойствами объектов, фиксируемыми предметно-орудийной деятельностью, то чем же в этом случае регулируется отношение между теорией и ее объектами?

§ 29. Теория как модель

Ответ на этот вопрос таков. Теория, понимаемая как особый компонент состава науки, представляет собой особого рода модель¹ изучаемых ею объектов. Это положение следует отличать от утверждения, что теория является средством построения различного рода моделей. Не отрицая правильность последнего, необходимо иметь в виду следующее.

Молоток, плоскогубцы и другие инструменты могут быть использованы для построения механической модели какого-либо объекта. Тушь и рейсфедер могут быть средствами для создания графической модели — чертежа.

Но сами эти средства никоим образом не являются мо-

¹ Здесь термин «модель» употребляется в ином смысле, чем в случае, когда речь шла об онтологических моделях языка. Оба эти словоупотребления в равной мере законны, и мы обращаем внимание на различие между именами лишь для того, чтобы избежать возможных недоразумений.

делями соответствующих объектов. Напротив, теория не только средство для построения определенных моделей, она сама является моделью объектов, знания о которых в ней фиксируются. Продолжая нашу аналогию, можно сказать, что молоток, рейсфедер и т. п. вообще индифферентны к определенным объектам и могут использоваться для создания механических и графических моделей атома, машины, обмена веществ в живом организме, взаимодействия цехов завода и т. д., тогда как каждая научная теория всем своим «телом» с самого начала ориентируется на определенную область объектов и может быть использована для получения знаний об объектах другой природы лишь после более или менее значительной трансформации.

Известно, что модели, как и все другие явления, могут быть классифицированы самым различным образом, например, по материалу, по способам применения, по степеням простоты, специализации и т. д. Отвлекаясь от этих видов классификации, целесообразных в различных условиях, остановимся лишь на разграничении так называемых «прямых» и «косвенных» моделей.

Знаковый или технический феномен А называется моделью другого феномена В, отличающегося от него по материалу, сложности, размерам или иным признакам, если существует определенная функциональная зависимость $y = f(x)$, (где f — совокупность логических, математических или иных операций), такая, что при подстановке на место x некоторых описаний свойств, структурных характеристик и т. п. А мы каждый раз получаем на месте y определенные описания некоторых свойств, структурных характеристик, верных для В, выраженных в соответствующих терминах. А называется «прямой» моделью В, если в только что данном определении функция (f) , связывающая x и y , не требует никакой дополнительной обработки «описаний» А, становящихся на место x . Если указанная выше функция, связывающая А и В, имеет вид: $y = f_1[f_2(x)]$, где f_1 и f_2 — символы различных операций, связывающих x и y , то А считается «косвенной» («опосредованной») моделью В. Примером прямой модели может служить хотя бы обычный макет гидростанции, в случае если все результаты измерений на макете переносятся на моделируемый объект путем простого умножения на коэффициент пропорциональности. Примером «косвенных» моделей могут служить отношения между математическими уравнениями и

механическим агрегатом, когда численные значения, полученные решением уравнения, сначала подвергаются геометрической интерпретации, затем превращаются в рабочий чертеж и лишь после этого сопоставляются с параметрическими характеристиками агрегата. Разумеется, грань между «прямыми» и «косвенными» моделями в известном смысле условна. Но для нас важно сейчас то, что теория, рассматриваемая как модель объекта, выступает как более или менее косвенная модель.

Использование любых моделей целесообразно лишь в том случае, если модель выступает как «объект-заместитель» исследуемого объекта и притом более простой и удобный для изучения, чем замещаемый им объект. Это достаточно ясное положение не всегда находит должное отражение в логическом анализе понятия модели.

Витгенштейн, много сделавший для привлечения внимания современных логиков к этой проблеме, представлял соотношение объекта и модели несколько упрощенно, что существенно связано с коренными пороками его гносеологии. Он полагал, что между структурой модели и структурой объекта всегда существует прямое однозначное соответствие. Для подтверждения приведем несколько его аргументов: «Образ есть модель действительности» (10,2.12). «Объектам соответствуют в образе элементы этого образа» (10,2.13). «Элементы образа замещают в образе объекты» (10,2.131). «Образ состоит в том, что его элементы соединяются друг с другом определенным способом» (10, 2. 14). «То, что элементы образа соединяются друг с другом определенным способом, показывает, что так же соединяются друг с другом и вещи» (разрядка моя. — A. P.) (10,2.15).

Но хотя структурный изоморфизм модели и объекта в качестве одного из простейших вариантов, вообще говоря, возможен, проведенный выше анализ показывает, что в более сложных случаях однозначные соответствия элементов модели и образа не отвечают основному гносеологическому назначению модели. Сравнительная простота модели (в границах, не ведущих к потере информации) — основное ее преимущество, позволяющее экономить время, силы и средства, необходимые для получения знания. Поэтому и теория, или, по крайней мере, ее исходные предложения называемые принципами теории, должны с логической точки зрения отличаться значительно большей простотой структуры и быть меньшими по числу, чем остальные системы

предложений, описывающие отдельные состояния или свойства материальных объектов теории. Каждая знаковая конструкция, полученная в дедуктивном выводе из принципов теории, будь то система описаний или отдельное описание, также выполняет функции модели, но область их применения, естественно, более ограничена.

Р. Брейтвейт (63) и П. Кос (70), рассматривая модельную функцию теории, ограничивают ее лишь следующими случаями. 1. Из двух теорий T_1 и T_2 , построенных на основании одного и того же формального исчисления, каждая может рассматриваться как модель другой. 2. Теория может рассматриваться как модель соответствующего ей формального исчисления.

Добавим к этому, что формальное исчисление также может рассматриваться как модель теории, полученной в результате интерпретации этого исчисления. Иллюстрацией к тому что сказанному могут служить механическая теория соударения абсолютно упругих шариков ничтожно малых размеров (T_1) и теория идеального газа (T_2), которые строятся на основе идентичного исчисления и при ряде дополнительных условий могут рассматриваться как модели друг друга. Однако ограничение модельной функции теории лишь выше указанными случаями представляется нам неоправданным. В соответствии с принятым нами определением модели научная теория может рассматриваться и как модель своей предметной области. Хорошо известно, что в большинстве научных теорий можно выделить две группы предложений. К первой относятся предложения, поддающиеся прямой содержательной интерпретации, ко второй — предложения, выполняющие функцию связи между предложениями первой группы. Обычно предложения второй группы не интерпретируются по крайней мере в одной и той же системе, что и первые. Обозначив предложения или совокупности предложений первой группы через $A, A_1, A_2 \dots A_n$, предложения второй группы и соответствующие способы переноса знания (правила вывода и интерпретации) через $f, f_1, f_2 \dots f_n$, а объект или онтологическую систему — через B , можно схематически изобразить связь между теорией и ее фрагментами, с одной стороны, и объектом — с другой, следующим образом:

$$A \xrightarrow{f} A_1 \xrightarrow{f_1} A_2 \xrightarrow{f_2} \dots \xrightarrow{f_n} A_n \xrightarrow{f_n} B$$

Такой подход позволяет рассматривать теорию как основу косвенную модель онтологической системы.

Возможность понимания теории как модели своей онтологической системы (см. 24), развивающегося в настоящей работе, представляется весьма существенным с точки зрения выяснения гносеологической функции научной теории и ее отношения к объекту.

Итак, специфика теории как модели особого рода заключается в том, что: 1) научная теория является знаковой моделью внезнаковых объектов; 2) она является «косвенной» моделью в указанном выше смысле слова; 3) переход от модели к объекту осуществляется посредством дедуктивного и индуктивного вывода. В этом переходе отчетливо реализуется отношение транзитивности, характерное для понимания взаимосвязи любой модели и объекта; 4) в процессе перехода от принципов теории к высказываниям, выступающим в качестве непосредственных описаний состояний и свойств объектов, фиксируемых в эксперименте, строится ряд опосредующих моделей меньшей степени общности. Именно в этом переходе реализуются основные гносеологические функции теории.

§ 30. Логическая структура научного объяснения и предвидения

То, что объяснение и предвидение образуют если не единственные, то, по крайней мере, основные функции теории, является общепризнанным.

Ниже мы рассмотрим логическую структуру этих процессов, поскольку именно в них осуществляется связь между теорией и фактом.

Процесс предвидения реализуется в двух формах: а) как получение информации о некоторых неизвестных (но, возможно, существующих) феноменах безотносительно к их пространственно-временной локализации (предвидение в широком смысле слова); б) как получение информации о феноменах, несуществующих в момент, когда делается предвидение. В этом случае предвидение связано с более или менее точной пространственно-временной локализацией (предвидение в узком смысле, прогноз). Анализ применяемых в естествознании способов научного предвидения позволяет выделить две основные структуры: дедук-

тивную и индуктивную. Исторически индуктивное построение процесса предвидения является первичным, однако в развитых современных естественнонаучных теориях все более превалирующее место начинает занимать дедуктивная структура. Внутри дедуктивной структуры отчетливо обнаруживаются следующие схемы: во-первых, гипотетико-дедуктивная, позволяющая из некоторой совокупности принятых гипотез (h) или законов (l) дедуцировать на основании принятых правил вывода некоторое множество поддающихся эмпирической проверке предсказаний $s_1, s_2 \dots s_n$, относящихся к одному или нескольким объектам (предсказание Менделеевым свойств алюминия и атомного веса галлия; предсказание Дираком позитрона и т. п.); во-вторых, эмпирико-дедуктивная, в которой предсказание делается на основании связывания некоторого эмпирического факта s_o и некоторого установленного в данной теории T закона l . Полученная в этом случае последовательность предсказаний $s_1, s_2 \dots s_n$ может рассматриваться как функция от s_o и l , т. е. $\sum_i^n s_i = f(s_o, l)$; по этой схеме, например, осуществлялось предсказание Адамсон и Леверье существования и пространственно-временных координат планеты Нептуна.

Что касается индуктивных методов научного предвидения, т. е. методов, связанных с применением аппарата теории вероятностей, то, несмотря на их значительное разнообразие, в них отчетливо выделяются определенные этапы, инвариантные всем этим методам: а) фиксация эмпирически устанавливаемых описаний некоторой последовательности свойств или отношений наблюдаемых объектов ($d_1, d_2 \dots d_n$) и установление некоторой эмпирически подыскивающей математической функции (f), удовлетворительно описывающей эту последовательность в определенном пространственно-временном интервале (Δ_1); б) вероятностная экстраполяция результатов, полученных на предыдущем этапе для аналогичных событий в другом пространственно-временном интервале (Δ_2), причем возможно как $\Delta_1 \approx \Delta_2$ (предвидение в широком смысле), так и $\Delta_1 \neq \Delta_2$ (прогноз).

В отличие от предвидения процесс научного объяснения заключается в том, что некоторые уже известные или вновь открытые свойства и явления пытаются подвести под заранее установленные и принятые в теории T_1 законы ($l_1, l_2 \dots l_n$)

и гипотезы ($h_1, h_2 \dots h_n$). Явление a считается объяснявшимся в теории T_1 , если в ней отыскивается такая последовательность законов или гипотез, что имеет место $l_1, l_2 \dots l_n \vdash a^1$.

В случае, если это почему-либо не осуществимо, оказывается необходимым подыскать такую новую теорию T_2 , из которой можно дедуцировать описание объясняемого события a , т. е. $l'_1, l'_2 \dots l'_n \vdash a$, где штрихи указывают на принадлежность законов к теории T_2 , а если такой теории T_2 в готовом виде не существует, то возникает задача создания этой теории или дополнения уже существующей теории T_1 новыми законами и гипотезами, позволяющими реализовать процедуру объяснения. Примером осуществления этой второй задачи может служить создание специальной теории относительности как средства объяснения опыта Майкельсона или известной формулы Планка, позволяющей дать дедуктивное объяснение эмпирически найденным законам излучения абсолютно черного тела (законы Стефана-Больцмана, закон Вина и др.), не поддававшимся объяснению в рамках прежних концепций. Что касается структуры индуктивного объяснения, то его компоненты сходны с компонентами индуктивного предвидения и включают в себя как этап, связанный с выдвижением статистических гипотез, так и этап, на котором получается статистическое описание объясняемого явления. К системе индуктивного объяснения следует также относить и объяснения по аналогии, поскольку выводы по аналогии могут рассматриваться как вероятностные (52).

Сравнивая дедуктивные и индуктивные структуры объяснения, можно заметить, что они имеют два основных компонента: совокупность феноменов, подлежащих объяснению — объясняемое, и совокупность предложений теории, т. е. законов и гипотез, служащих основанием объяснения. В английской литературе эти компоненты структуры объяснения часто называют соответственно: экспликат и экспликандум. Процедура объяснения в зависимости от

¹ Строго говоря, здесь имеет место не выведение события a из законов и гипотез теории, но выведение описания события, ибо само событие может существовать объективно и не зависеть от процедуры вывода

того, осуществляется ли она дедуктивными или индуктивными методами, может быть представлена в виде:

$$Exd | \text{---} Ext$$

$$Exd |_p \text{---} Ext$$

Здесь символы *Exd* и *Ext* — обозначения для объясняющего и объясняемого, *p* — символ вероятностного характера вывода. Обращаясь к процедуре предвидения, легко обнаружить в ее структуре аналогичные компоненты, а именно: основание предсказания (*Prd*) и феномен, подлежащий предвидению (*Prt*). При этом дедуктивные и индуктивные процедуры предвидения могут быть соответственно представлены в виде:

$$Prd | \text{---} Prt$$

$$Prd |_p \text{---} Prt$$

Сравнивая попарно эти формулы, замечаем в них полное структурное сходство. Эти попарно сопоставляемые формулы отличаются лишь гносеологическими функциями объяснения и предвидения. Абстрагируясь от этого различия и заменяя левые символы в структуре вывода знаком А, а правые — знаком В, получим: $A \vdash B$ и $A |_p \text{---} B$.

Такое предельное абстрактное выделение формальных структур показывает, что объяснение и предвидение могут осуществляться в идентичных логических схемах.

Точность и адекватность объяснения и предвидения детерминируются правилами вывода, способами построения языка и точностью экспериментальных измерений.

Различие между процессом объяснения и предвидения следует искать не в их формальной структуре, а в их гносеологической функции. Понимание последней связано с выяснением роли пространственно-временной локализации. При переходе от абстрактной логической схемы к реализующим ее процессам объяснения и предвидения обнаруживается, что эти процессы ориентированы на различные пространственно-временные области. Предвидение относится к настоящему моменту t_1 или к моменту в будущем t_2 . Оно, следовательно, осуществляется в так называемом положительном временном интервале, т. е. $t_2 - t_1 \geq 0$. Объяс-

нение, напротив, относится либо к настоящему моменту t_1 , либо к событиям, имевшим место в прошлом в момент t_3 (например, объяснение исторических событий), оно, следовательно, ориентировано на так называемый отрицательный временной интервал, т. е. $t_3 - t_1 \leq 0$. Отсюда следует, что процесс объяснения всегда имеет дело с тем, что уже существовало или существует, тогда как предвидение относится не только и не столько к существующему, сколько к тому, что может или должно возникнуть в будущем.

Объяснение, следовательно, в основном затрагивает логическую сторону дела, поскольку эмпирический материал, подлежащий объяснению, уже получен. Напротив, предвидение в гораздо большей степени связано с методологическими проблемами, так как достижение предметной истинности результатов предвидения зависит не только от логической процедуры, но и от способов, какими должен быть получен еще не существующий эмпирический материал, необходимый для подтверждения предвидения.

§ 31. Объяснение, предвидение и новые знания

Установление идентичности логических структур различных познавательных процессов выдвигает ряд дополнительных гносеологических проблем и прежде всего вопрос о характере знания, получаемого в ходе объяснения и предвидения.

Дело в том, что обнаружение в ходе логических исследований идентичности формальных структур объяснения и предвидения привело ряд ведущих зарубежных авторов к идентификации самих этих процессов. При этом гносеологическая функция всякой научной теории сводится исключительно или преимущественным образом к функции объяснения¹. В трудах Папа, Нагеля и Брейтвайта содержатся большие разделы, посвященные структуре и гносеологической природе объяснения, но отсутствуют разделы, посвященные проблеме предвидения.

Основой такого сведения гносеологической функции теории лишь к объяснению является неопозитивистская

¹ Дубислав рассматривает объяснение как вид знания, получаемого, при помощи какого-либо исчисления из высказываний о результатах наблюдений, и в этом видит единственное отличие объяснения от описания.

теория познания, наиболее отчетливо сформулированная Шликом в (93). Сущность ее заключается в утверждении, что процесс познания всегда представляет собой лишь подведение неизвестного под известное, т. е. является распознаванием (*Wiedererkennung*) в каждом явлении того, что заранее известно. Неизбежным следствием сведения всего теоретического познания к объяснению является утверждение, что средствами логического вывода из теории нельзя получить новые знания. Карнап попытался обосновать эту точку зрения средствами символической логики в работе (66). Ход его рассуждений примерно таков. Множество значений (поле значений — *Spielraum*), принимаемых тем или иным выражением при подстановке различных значений истинности на места входящих в него элементарных высказываний, может быть разбито на два класса: класс значений, равных 1 (истина), и класс значений, равных 0 (ложь). Если при любых подстановках формула принимает значение 1, она называется тавтологией, а если 0 — противоречием. В остальных случаях каждой последовательности таких подстановок соответствует строго определенное значение истинности для всех формул. Для наглядности воспользуемся стандартными матрицами для дизъюнкции и конъюнкции в двузначной логике.

X, Y	$X \cdot Y$	$X \vee Y$
1 1	1	1
1 0	0	1
0 1	0	1
0 0	0	0

Карнап вводит термин «содержание», обозначая им класс нулевых значений сложной формулы.

Из двух формул та считается более содержательной, которая при прочих равных условиях имеет больше нулевых индексов, так, $X \cdot Y$, как следует из приведенной таблицы, обладает большим содержанием, чем $X \vee Y$. На этом основании Карнап утверждает, что содержание $X \vee Y$ включается в содержание $X \cdot Y$. Для каждого двух выражений, отличающихся по содержанию, имеет место логическое отношение выводимости, состоящее в том, что выражение с

меньшим содержанием выводится из выражения с большим содержанием (но не наоборот!), т. е. $X \cdot Y \supset X \vee Y$. Для двух выражений с одинаковым содержанием существует отношение эквивалентности, но не выводимости. Определив логический вывод таким образом, Карнап приходит к заключению, что в процессе логического вывода мы всегда двигаемся от предложения с большим содержанием к предложению с меньшим содержанием и, следовательно, никогда не можем получить нового знания. А так как процессы объяснения и предвидения осуществляются в форме вывода, то в них невозможно получить новое знание. Однако карнаповское обоснование этого утверждения нельзя признать безупречным. В самом деле, придадим термину «содержание» другое значение и будем считать, что содержание логической формулы определяется не классом ее 0-значений, а классом ее 1-значений. В этом случае большим будет содержание того выражения, в поле значения которого имеется больше 1-индексов, и, следовательно, содержательнее будет $X \vee Y$, а не $X \cdot Y$. Вывод при этом будет рассматриваться как отношение между двумя высказываниями, первое из которых менее содержательное, а второе — более содержательное, и последнее следует из предыдущего. При этом формальная структура вывода полностью сохранится, так как она оказывается инвариантной различным определениям содержания и будет иметь место $X \cdot Y \supset \neg X \vee Y$. При таком понимании можно утверждать, что все предложения, получаемые в системе логического вывода, являются более содержательными, чем посылки, и что, следовательно, применение вывода в процедуре объяснения и предвидения позволяет получать новые знания, если, конечно, считать, что большая содержательность есть признак нового знания (как это молчаливо принимается и самим Карнапом). Легко заметить, что наше определение «содержания», прямо противоположное карнаповскому, гораздо лучше согласуется с интуицией и не ведет к парадоксальным следствиям.

Неудовлетворительность утверждения Карнапа о невозможности получения новых знаний средствами логического вывода становится особенно отчетливой при рассмотрении проблемы с методологической позиции.

Вернемся к формуле $X \cdot Y \supset X \vee Y$ и заменим в ней переменные высказывания X и Y высказываниями: $C = \text{«Элементарная частица обладает определенным импульсом»}$.

сом» и $D =$ «Элементарная частица обладает определенной координатой». Получим $C \cdot D \supset C \vee D$. Истолковывая знак « \cdot » как возможность одновременного наблюдения, а знак « \vee » — как возможность попеременного наблюдения, мы получим истинное высказывание, ибо по схеме материальной импликации ложность $C \cdot D$ (на основании принципа неопределенности) не исключает возможности попеременных, дополняющих друг друга наблюдений $C \vee D$.

Таким образом, $C \vee D$ может рассматриваться как новое знание о наблюдении, полученное в системе логического вывода. Это знание носит модальный оттенок и содержит информацию о последовательности экспериментальных действий.

Для того чтобы придать обсуждаемой проблеме большую ясность, введем определение понятия «новое знание». В большинстве логических исследований оно предполагается очевидным, что нередко приводит к недоразумениям. Для экспликации этого понятия воспользуемся представлением о формальном строении знания (§ 8). 1) Будем считать знание $|O|_2$ новым, если оно получено из $|O|_1$, путем замены объекта знания O_1 объектом O_2 , причем $O_1 \equiv O_2$ при сохранении смысловой группы.

Такой способ получения нового знания обычно называют экстраполяцией существующего знания на новый объект или на новую область объектов. 2) Будем считать знание $|O|_2$ новым, если оно получено из $|O|_1$ путем замены смысловой группы $\Sigma z'_k c'_i$, принадлежащей $|O|_1$, на $\Sigma z''_l c''_j$. Причем группа значения остается неизменной и имеет место $\Sigma z'_k c'_i \equiv \Sigma z''_l c''_j$. В этом случае вновь полученное знание рассматривается как расширение интенсионала. Оба эти определения нового знания хорошо согласуются с интуицией и практикой научного мышления и обладают тем преимуществом, что позволяют точно и недвусмысленно рассматривать вопрос о природе научного знания.

Определение 2) нуждается вместе с тем в некотором ограничении. Знание $|O|_2$, полученное из $|O|_1$, в соответствии с определением 2) не считается новым, если замена смысловых групп представляет собой простое переименование терминов. Более сильная, методологическая формулировка этого ограничения гласит, что $|O|_2$ не является новым по сравнению с $|O|_1$, если после замены смысловых групп, в соответствии с определением 2), $|O|_2$ не дает

возможности получения каких-либо результатов, которые нельзя было бы получить до такой замены.

Поясним это следующим образом. Известно, например, что любая точка, изображающая число на комплексной плоскости, может быть представлена в алгебраическом виде как $a+bi$. Помимо этого, любая точка может быть представлена с помощью тригонометрических функций, как $r(\cos\phi + i \sin\phi)$. Однако знание о комплексных числах, представленное в тригонометрической форме, является новым по отношению к алгебраической форме, так как тригонометрическое представление комплексных чисел позволяет получить ряд результатов, которые не могут быть получены путем оперирования с алгебраической формой, например, извлечение корней n -степени при целом положительном $n > 2$ и др. В противоположность этому представление комплексных точек парами чисел (двухмерными векторами) с алгебраической точки зрения (но не с геометрической!) в силу указанного ограничения не является новым.

Применение принятых определений нового знания позволяет считать, что как средствами дедуктивного, так и средствами индуктивного выводов, применяемых в процессе научного предвидения, могут быть получены новые знания. В процессах объяснения эти новые знания получаются в соответствии с определением 2), поскольку объяснение состоит в подыскании для некоторой установленной группы значений адекватных смысловых групп, которых, кстати, может быть несколько. Новые знания, получаемые в процессе предвидения, как правило, подпадают под определение 1) (ср., например, прогноз погоды и объяснение метеорологических явлений).

Таким образом, наши определения не только позволяют признать возможность получения новых знаний в процессе научного объяснения и предвидения, но и уточняют понимание гносеологической специфики этих процессов.

§ 32. Объяснение и причинность

Реализация научного объяснения и предвидения в значительной мере учитывает причинную детерминацию событий объективного мира. Однако сами они не могут рассматриваться как частный вариант каузальной зависимости. Проведение четкого различия между каузальной детерминацией, с одной стороны, и процессами объяснения и предвидения, с другой, необходимо потому, что их

отождествление нередко ведет к серьезным недоразумениям. В этом отношении следует согласиться с П. В. Копниным, отмечающим, что отождествление систем научных гипотез, реализующих объяснение и предвидение, с причинной зависимостью «идет от метафизического взгляда на каузальность как единственно возможную форму связи явлений» (25, стр. 56). К сожалению, такое отождествление нередко встречается в современных работах по логике науки. Харре прямо сводит все виды научного объяснения исключительно к причинному: «Дать объяснение, значит указать причину случившегося. Существуют различные виды объяснений. Логический характер различных видов объяснения зависит от вида событий, которые требуется объяснить, и характера причин, которые являются удовлетворительными для объяснения этих событий» (77', стр. 25). Анализ понятия причинности не входит в круг наших задач. Полагая его содержание известным (см. 46), рассмотрим, каково отношение между причинностью и структурой объяснения. Допустим, что следующие утверждения описывают некоторый реально наблюдаемый в момент t процесс:

«В момент t на стержень v поставлен груз весом P » (A), и «Стержень v сломался» (B). Здесь можно выделить описание причины и следствия.

1. Причина (A): «В момент t на стержень v поставлен груз P ».

2. Следствие (B): «В момент t стержень v сломался». Однако простое указание причины еще не объясняет наблюдаемого следствия, т. е., указав на событие A, мы еще не даем ответ на вопрос, почему стержень сломался (B), но лишь указываем определенную последовательность событий, из которых одно предшествует другому. Такая последовательность — один из моментов причинной связи явлений, но не дает их объяснение.

Если, однако, в некоторой теории Т установлен закон l : «Если на стержень определенной формы, сделанный из определенного материала, давить с силой, превышающей q , то стержень ломается», — мы можем вывести из него объяснение описанного выше события. Допустим, что, измерив каким-то образом силу, с которой поставленный груз давит на стержень v , отвечающий условиям закона l , мы устанавливаем, что она превышает q ($P > q$). Тогда, рассматривая закон l как основание вывода, применяя классическую схему *modus ponens* $X, X \supset Y \vdash Y$ и подставляя

на место X и Y А и В соответственно, мы получаем объяснение для наблюдаемого процесса. Оно может быть представлено в виде схемы:

1. Имеется закон l , установленный в Т (т. е. $A \supseteq B$).
2. Имеется наблюдение А, фиксирующее условие, сформулированное в l .
3. Конъюнкция $l \cdot A$ позволяет подвести событие, описанное в В, под закон l , т. е. В выводимо на основании l ($l \cdot A \vdash B$), а это и значит, что В получило объяснение.

Мы можем теперь сказать, что событие, фиксированное в В, объясняется законом l , тогда как простая констатация двух событий А·В, данная в эксперименте, еще не объясняла, почему стержень v сломался, а лишь фиксировала некоторую последовательность или синхронность событий. Однако ни сама структура объяснения, ни фигурирующий в ней закон l не являются причиной события В. В самом деле, событие, описанное в В, могло произойти до того, как сформулирован l . С другой стороны, l может быть сформулирован и существовать в теории задолго до В, и даже в том случае, если вообще никакого события, аналогичного описанному в В, не происходило и не произойдет. Ясно поэтому, что любой закон теории не является причиной объясняемого им события, как, например, l не является причиной В, тогда как А является. Но простое соотношение А и В еще не дает объяснения для В. Игнорирование этого тонкого различия между процессом объяснения и описания причинности, как правило, приводит к субъективно-идеалистической и агностической интерпретации последней. Именно в этом по существу коренится агностицизм кантовского понимания причинности. Не проводя различия между интеллектуальным процессом объяснения и предвидения, с одной стороны, и причинностью как формой объективной связи вещей, с другой, Кант отождествлял первое с последним. И поскольку объяснение не есть нечто объективно находимое, но созданная человеком логическая процедура, он рассматривал и причинность как особое свойство разума упорядочивать фиксированную в ощущениях последовательность событий.

Таким образом, анализ логической структуры и гносеологической функции объяснения и предвидения не только содействует развитию логики науки, но и позволяет вскрыть гносеологические корни субъективно-идеалистического понимания каузальной детерминации.

§ 33. Закон, гипотеза и факт

Нам остается теперь вкратце коснуться механизма, связывающего теорию и факт. В § 28 было показано, что знания об объектах, исследуемых данной наукой, могут фиксироваться предложениями различного логико-гносеологического статута. Одни из них фиксируют знания о законах объектов, другие описывают свойства, связи и отношения, обнаруженные в эксперименте. Между предложениями этих двух основных уровней существует известный структурный диссонанс, и связь между ними реализуется процедурой логического вывода в форме прямой дедукции, когда движение совершается от предложений, образующих теорию, к системе эмпирического описания, и в форме регрессивной дедукции, когда оно совершается в обратном направлении. Последняя, по существу, не отличается от первой, и представляет, по меткому выражению А. Зиновьева, на голову поставленную дедукцию (18). В процессе таких переходов возникают опосредующие промежуточные звенья, состоящие из более или менее устойчивых систем предложений — гипотез и законов различных уровней, которые в развитых сложившихся теориях располагаются в определенном порядке, по этажам, порядке, не всегда, впрочем, соответствующем исторической последовательности их появления.

В развитых научных теориях законы и гипотезы высших уровней могут служить основанием для объяснения и истолкования законов и гипотез низших уровней. Их связь в системе выводов вполне соответствует требованиям, предъявляемым к компонентам структуры объяснения и предвидения. Это обстоятельство подтверждает выдвиннутое в § 29 понимание теории как модели в соответствии с данным там же определением. Гипотезы и законы «верхних этажей» теории могут рассматриваться как модели для «низших», причем роль функции, осуществляющей перенос и трансформацию значений, выполняет механизм логического вывода. Но, бесспорно, что для естественных наук конечной целью является выработка знаний, т. е. получение информации о соответствующих материальных объектах, и поэтому все промежуточные этапы процесса объяснения и предвидения играют лишь вспомогательную роль. Именно здесь, на уровне, где осуществляется переход от собственно знаковой деятельности, фиксирующей уже до-

бытые знания, к предметно-орудийной деятельности, в которой создается, так сказать, «сырец» такого знания, и возникают объективные факты науки, объяснение и предвидение которых составляет главную задачу научной теории. С другой стороны, факты не просто пассивные, «конечные следствия», которые необходимо объяснить или предвидеть. Несоответствие теории фактам заставляет реорганизовать или даже отбросить теорию и заменить ее другой. Таким образом, факты науки играют в некотором отношении роль «арбитров», подтверждая или опровергая теорию, превращая менее вероятные гипотезы в более вероятные, переводя отдельные предложения из ранга гипотез в ранг законов и т. д. Взаимодействие фактов и теории в процессе объяснения и предвидения позволяет сформулировать критерий эффективности теории. Из двух теорий T_1 и T_2 , относящихся к одной и той же области объектов, более эффективной является та, которая позволяет объяснить и предвидеть большее число фактов. Если две теории объясняют различные факты, относящиеся к одной и той же области объекта, то теории считаются дополнительными друг к другу. Если множество фактов Φ_1 , объясняемых и предсказываемых на основании теории T_1 , оказывается подмножеством множества фактов Φ_2 , объясняемых и предсказываемых теорией T_2 , то T_2 представляет собой обобщение T_1 .

Для того чтобы придать анализу взаимосвязи теории и факта большую определенность, остановимся на вопросе о логической природе законов науки и гипотез. Известно, что Ф. Энгельс называл гипотезу формой развития мыслящего естествознания (2, стр. 555). Значение гипотез для развития математики неоднократно подчеркивали Пуанкаре, Пойа и другие крупные математики (34, 35). Признавая первостепенную роль гипотезы как формы познания, традиционная логика и методология науки пытались провести четкую грань между гипотезой и законом науки. При этом следует различать законы как объективные связи в самих явлениях и законы как особого вида предложения, фиксирующие знания об этих связях. Логика, говоря о законах науки, имеет в виду второй из указанных смыслов термина «закон», ибо исследование объективных устойчивых связей объектов осуществляется специальными науками. Границы, отделяющие гипотезу от законов, пытались найти: 1) в логико-грамматической форме выражающих их предложений, 2) в степени их общности и, наконец, 3) в степени их эмпи-

рической подтвержденности фактами. Тщательные исследования показали, однако, что эти различия весьма условны и не дают абсолютных критериев. Рассмотрим их вкратце.

Считается, что гипотеза всегда должна выражаться условными предложениями вида: «Если..., то...», «При наличии... возможно...», «В случае... произойдет...» и т. д.; законы — декларативными предложениями вида: «Имеет место...», «Каждый обладает свойством...» и т. д. Но сами эти языковые различия весьма относительны. Так, высказывание «На Марсе существует жизнь» хотя и сформулировано как декларативное предложение, является с содержательной точки зрения гипотезой. И наоборот, закон, регулирующий силу взаимодействия тел в классической механике, может быть выражен в форме условного предложения: «Если масса двух тел равна соответственно m_1 и m_2 , расстояние между ними r , то сила их взаимодействия прямо пропорциональна произведению их масс и обратно пропорциональна квадрату их расстояния». Это показывает, что различие между законами и гипотезами с точки зрения их логико-грамматической формы весьма относительно. Уже открытие неевклидовой геометрии показало относительность геометрических аксиом, считавшихся абсолютно истинными. Условность законов классической физики стала очевидной после создания специальной и общей теории относительности, а также квантовой механики, обнаруживших, что «абсолютные» и «универсальные» законы классической физики сохраняют свою силу не всегда и не везде, а лишь при определенных условиях. Вследствие этого утверждение, что гипотетические предложения отличаются от предложений, выражающих законы, как условные от безусловных, оказалось несостоятельным. Столь же безрезультатной оказалась и попытка различить законы и гипотезы ссылкой на степень их универсальности, выражаемую стандартными логическими кванторами. С этой точки зрения в абстрактно-логической форме любые законы науки могут быть представлены как предложения, содержащие квантор общности (\forall_x , $\forall_y \dots$), отнесенными к переменным, для которых формулируется закон. Предложения же, в которых аналогичные переменные связываются кванторами существования (\exists_x , $\exists_y \dots$), могут рассматриваться как гипотезы. Однако поскольку сами кванторы общности и существования не содержат в себе информации о том, относятся ли они к конечным или бесконечным множествам, определение экстенсион-

налов и определение количественного соотношения между ними на основании одной лишь логической квантификации оказывается невозможным. Кроме того, возникает опасность парадоксов, так как в случаях, когда квантор \forall относится к конечному множеству, а квантор \exists — к бесконечному (так называемые универсальные предложения существования — *universal existential hypotheses*), степень общности гипотез, снабженных квантором \exists , может оказаться больше, чем общность предложений, снабженных квантором \forall . Наконец, попытка разграничить законы и гипотезы с точки зрения их подтверждаемости фактами также оказалась безрезультатной. Упоминавшиеся выше примеры из истории геометрии и физики отчетливо обнаружили условность эмпирического подтверждения законов науки (законы классической динамики с высокой степенью подтверждаются лишь при определенных условиях). Они выявили также ограниченность всякого эмпирического подтверждения и привели к осознанию того, что признание тех или иных предложений науки законами или гипотезами зависит от целого ряда логических, гносеологических и методологических факторов. Поэтому в новейших работах по логике науки само различие между понятиями «закон» и «гипотеза» рассматривается как относительное. Такой подход позволяет более гибко и динамично анализировать развитие и строение научного знания. Если все же возникает необходимость в известных границах квалифицировать те или иные предложения науки как законы или гипотезы, то с чисто логической точки зрения наиболее удовлетворительным способом для этого является их оценка с помощью вероятностных и истинностных значений. Принимается, что все предложения $s_1, s_2 \dots$, образующие теорию, могут оцениваться в терминах вероятности. Высшим вероятностным индексом 1 оценивается совершенно достоверное знание. Низшим (0) — полная невероятность, отсутствие знания. Все остальные значения, располагаемые между 0 и 1, рассматриваются как различные показатели вероятности, тем большие, чем ближе их численное значение к 1.

Приравнивая вероятностные индексы 1 и 0 к логическим оценкам «истина» и «ложь», а промежуточные значения вероятностей сопоставляя с промежуточными значениями истинности в какой-либо k -значной шкале оценок, получаем возможность оценивать и сопоставлять различные предложения теории по степеням их истинности, отвлекаясь от их

содержания и структурных характеристик. Высказывания, оцениваемые лишь индексом 1, рассматриваются как закон и обозначаются $l_1, l_2 \dots$ Высказывания, оценка которых производится при помощи значений, заключенных между 0 и 1, называются гипотезами и обозначаются $h_1, h_2 \dots$ Таким образом, гипотеза, так же как и закон, понимаемый в качестве особого вида предложения, фиксирующего знание об объективных связях в самих явлениях, носит вероятностный характер. Из сказанного выше следует, что признание тех или иных предложений законами всегда связано с известными ограничениями. Поэтому можно согласиться с тем, что все предложения теории носят более или менее вероятностный характер и оценка их в терминах достоверности или невозможности есть результат некоторого, оправданного с практической точки зрения, округления, упрощения. Задача логического анализа сводится теперь к тому, чтобы выяснить, каким образом вероятностные и истинностные характеристики предложений теории позволяют говорить об их адекватности объясняемым фактам или о степени вероятности предсказания и указать, каким образом вероятностные и истинностные характеристики фактов позволяют подтверждать или опровергать достоверность законов, повышать и понижать вероятность гипотез, осуществлять выбор между более или менее вероятными гипотезами. К обсуждению этих проблем мы теперь и перейдем.

Утверждение, что факты составляют основу научного знания, является ходячей истиной. Однако строго однозначного и общепринятого представления о том, что следует называть фактом науки, до сих пор не существует. В известной степени это объясняется многозначностью термина «факт» и произволом его употребления. Во избежание этого укажем на три наиболее распространенных значения этого термина. Во-первых, он употребляется как синоним термина «истинно». Например, в выражении «Факт, что всякий сегмент, заключенный между прямой и параболой, составляет четыре трети треугольника, имеющего с сегментом одно и то же основание и равные высоты», термин «факт» может быть заменен термином «истинно». Во-вторых, как синоним термина «событие», когда этим последним обозначают некоторые объективные явления или процесс, например, в выражении «Выдающимся фактом в истории геометрии было открытие Архимедом того, что сегмент, заключенный между прямой и параболой, составляет четыре трети треугольника, имеющего с сегментом одно и то же основание и равные высоты». Здесь вместо термина «факт» можно поставить термин «событие», не меняя смысла предложения. Наконец, в-третьих, термин «факт» применяется для обозначения особого рода эмпирических высказываний, представляющих собой, как мы увидим в дальнейшем, статистическое резюме ряда непосредственных эмпирических данных, полученных в эксперименте. В этом смысле мы можем употребить этот термин, говоря: «Утверждение, что сегмент, заключенный между прямой и параболой, составляет четыре трети треугольника, имеющего с сегментом одно и то же основание и равные высоты, есть эмпирически установленный факт», ибо Архимед установил это предложение сначала в результате сопоставления ряда данных, полученных в механическом эксперименте, и только после этого доказал его чисто геометрически, т. е. дедуктивным путем (29). В этом последнем значении термин «факт» и будет употребляться в настоящей главе.

Само собой разумеется, что факт, понимаемый как событие, не может включаться в состав науки, ибо последняя представляет собой систему предложений, относящуюся к тем или иным событиям, но не систему самих этих событий, выступающих как объект научного исследования. Факт как оценка истинности научных предложений также не входит в состав науки, ибо с точки зрения истинности истинные предложения физики, химии, математики, биологии или социологии не отличаются друг от друга. Поэтому, когда говорят, что в состав науки включаются различные факты, то имеются в виду особые эмпирические предложения, представляющие собой результат языковой фиксации научной экспериментальной деятельности. Задача теперь заключается в том, чтобы выяснить, какова логическая природа эмпирических высказываний, входящих в состав науки в качестве ее фактов, и каковы структура и методы построения эмпирического знания.

§ 34. Эмпирическое знание и принцип верификации

Важнейшей задачей логики научного знания является создание критерия, позволяющего путем конечного числа операций устанавливать и проверять эмпирическое содержание научных предложений. Такой критерий необходим для того, чтобы выяснить природу и характер связи между эмпирическим и теоретическим уровнем знания. В качестве средства для решения этой задачи представителями логического позитивизма был выдвинут принцип верификации. Не останавливаясь подробно на критике философских позиций логического неопозитивизма, с достаточной полнотой, данной в работах (32, 33), рассмотрим здесь логическую схему верификации научных предложений.

Процесс верификации заключается в установлении тождества между некоторым теоретическим высказыванием s_t и эмпирическим высказыванием s_e , являющимся языковой фиксацией единичного наблюдения, полученного в специальном эксперименте. При установлении этого тождества учитываются два аспекта: содержательный и формальный. С точки зрения содержательного аспекта, имеется в

виду, что оба высказывания относятся к одному и тому же объекту и говорят о нем одинаковыми терминами, включенными в одинаковые логические структуры. С точки зрения формального аспекта, имеется в виду тождество значений истинности обоих высказываний. Верифицируемое теоретическое высказывание считается эмпирически осмысленным, а вместе с тем и истинным, если его можно идентифицировать с верифицирующим эмпирическим высказыванием. Предложения, подлежащие верификации, могут быть разделены на две группы. К первой группе относятся высказывания, которые могут быть непосредственно сопоставлены с предложениями, получаемыми в результате единичного наблюдения. Ко второй — высказывания, которые не могут быть непосредственно сопоставлены с предложениями, описывающими результат единичного наблюдения. Поэтому предложения второй группы верифицируются лишь на основе опосредующего логического вывода, в результате которого из подлежащего верификации высказывания s_i может быть получено некоторое высказывание s_k , сопоставимое с эмпирическим высказыванием s_e , фиксирующим результаты наблюдения. Рассмотрим прежде всего предложения второй группы, поскольку именно они, как правило, заключают в себе теоретические знания о законах, основных свойствах и отношениях исследуемых объектов. Предложения этого вида мы будем обозначать через s_i . Допускающие непосредственную верификацию предложения s_k могут быть получены из s_i как путем прямого вывода, т. е. посредством инверсии, конверсии или контрапозиции, что для всех трех вариантов записывается в символах: $s_i \vdash s_k$, s_k , так и путем опосредующего вывода. В этом последнем случае s_k может быть имплицировано конъюнкцией s_i и некоторого нейтрального предложения s' , заимствованного из данной или любой другой научной дисциплины, в которой оно рассматривается как достоверное. s_k представляет собой консеквент материальной импликации, антецедентом которой является конъюнкция $s_i \cdot s'$ или в символах: $s_i \cdot s' \supset s_k$. Однако в большинстве случаев для получения s_k необходимо пройти ряд ступеней вывода, т. е. $(s_1, s_1) \supset s_2; (s_2 \cdot s_2) \supset s_3; (s_3 \cdot s_3) \supset s_4 \dots (s_m \cdot s_m) \supset s_k$, где s_1, s_2 — нейтральные высказывания, заимствованные из одной или нескольких научных систем, в которых они считаются достоверными или истинными. Высказывания $s_1, s_2 \dots s_n$ являются промежу-

точными в схеме вывода, цель которого — получение s_k . Указанную процедуру можно записать короче так: $s_1, s'_1, s_2 \dots s_m \vdash s_k$. Такая запись обращает внимание на то, что содержание и значение истинности непосредственно верифицируемого предложения s_k зависит от содержания, значения истинности s_i ($s_i = 1, 2, 3 \dots$) и значения истинности системы штрихованных предложений. Разумеется, по условиям материальной импликации истинный консеквент может быть получен и при ложном антecedente. Однако этот вариант исключается из рассмотрения, так как по условиям предполагается, что исходное теоретическое предложение s_i принимается за истинное и оценивается как таковое до тех пор, пока не осуществлен непосредственный процесс верификации. Важным условием, позволяющим рассматривать s_k как предложение, содержание которого определяется содержанием s_i , а не содержанием системы штрихованных предложений, является требование (88), чтобы s_k могло быть получено из конъюнкции s_i и серии вспомогательных нейтральных предложений, но не могло быть дедуцировано из этих последних вне связи с s_i . В зависимости от характера верифицируемого s_i может быть получено одно единственное высказывание s_k или некоторое множество $s_{1k}, s_{2k} \dots s_{nk}$, причем число предложений, образующих это множество, может быть как конечным, так и бесконечным. Во всех этих случаях исходное предложение s_i считается верифицированным, если может быть установлено тождество: $s_k \equiv s_i$. Причем, в случае, когда из s_i выводится серия предложений $s_{1k}, s_{2k} \dots s_{nk}$, для установления эмпирического смысла и истинности s_i необходимо установление n подобных тождеств: $s_{1k} \equiv s_{1e}; s_{2k} \equiv s_{2e}; \dots s_{nk} \equiv s_{ne}$. Тождество $s_k \equiv s_e$, в котором s_k — дедуктивно установленное предложение, а s_e — эмпирически установленное высказывание, мы будем называть кардинальным отношением процесса верификации. Анализ кардинального отношения составляет ключ к пониманию статистической природы факта и позволяет выяснить роль и место статистических методов в построении эмпирического знания. Однако, прежде чем приступить к этому анализу, следует остановиться на некоторых особенностях верификации универсальных предложений, объектом которых являются бесконечные множества, ибо значительное число предложений входящих в состав научных теорий и формулирующих основные законы природы, относится к высказываниям этого типа.

§ 35. Замена принципа верифицируемости принципом подтверждаемости

Рассмотрим в качестве примера предложение $F = k \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} (l_1)$ ¹. На языке классической механики это предложение гласит: для каждой пары тел во вселенной сила их взаимного притяжения прямо пропорциональна произведению их масс (m_1 и m_2) и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними (r^2). Этот закон относится к бесконечному числу пар тел. Его верификация предполагает выведение всех возможных высказываний типа s_{k1} , допускающих непосредственное отождествление с полученными в эксперименте высказываниями s_e , говорящими о том, что для каждой пары тел имеет место соотношение, сформулированное в l_1 .

Важнейшим условием классического принципа верификации являются: теоретические высказывания и дедуцированные из них высказывания, включаемые в кардинальные отношения, могут принимать лишь два значения — истина (1) и ложь (0), которые соответствуют вероятностной оценке этих предложений: достоверно и невероятно. Для того чтобы значение истинности верифицируемого s_l было оценено как равное 1, необходимо, во-первых, чтобы было осуществлено полное отождествление каждого s_k с каждым s_e , т. е. чтобы всегда выполнялось условие: $\forall s_k, \exists s_e (s_k \equiv s_e)$, и, во-вторых, чтобы число m экспериментально установленных высказываний класса s_e и число n дедуктивно установленных высказываний класса s_k отвечали неравенству $n \leq m$. Даже в случае допущения, что первое требование выполнено, второе требование оказывается невыполнимым, когда речь идет об универсальных предложениях, которые относятся к бесконечному множеству явлений, подлежащих эмпирическому исследованию. В самом деле, имея в виду верификацию l_1 , мы обнаруживаем, что поскольку возможных пар тел бесконечное множество, а в каждый момент времени t количество экспериментов конечно, то всегда будет иметь место соотношение, при котором лишь конечное число высказываний класса s_k может быть идентифицировано с высказываниями класса s_e . Если число эксперимен-

¹ Мы пишем здесь l_1 вместо s_l , так как считаем данное предложение законом классической физики — Т₁.

тов в любой момент времени t есть m , а число всех возможных высказываний s_k , дедуцированных из l_1 , равно $n = \infty$, то полная верификация l_1 невозможна, так как при m всегда меньшем n бесконечно большое число высказываний типа s_k не может быть идентифицировано с эмпирическими высказываниями s_e . Поэтому уже в 30-х годах принцип верифицируемости для универсальных высказываний анализируемого типа был заменен принципом эмпирической подтверждаемости (92, 89), смысл которого заключается в том, что вместо достоверного знания об эмпирической природе универсальных предложений мы получаем знание, оцениваемое в терминах статистической вероятности. Причем, статистическая вероятность, или частость (P), определяется соотношением $P = \frac{m}{n}$. Степень подтвержденности

может возрастать с увеличением m . Однако при m всегда меньшем n степень подтвержденности l_1 никогда не будет равна 1¹. Анализ универсальных предложений, относящихся к бесконечным классам объектов, показал, что между теоретическим знанием, фиксированным в предложениях класса s_k , и системой эмпирически установленных предложений класса s_e существует отношение, не позволяющее попарно идентифицировать высказывания, принадлежащие к этим двум различным системам. Отношения между этими двумя системами регулируются статистической вероятностью, т. е. соотношением $\frac{m}{n}$. Из этого следует, что эмпирическое содержание исходного теоретического предложения, если оно формулирует знание, относящееся к бесконечному классу объектов, не может быть оценено в терминах истинности и ложности, а лишь в терминах статистической вероятности.

Таким образом, было обнаружено, что полная верифицируемость предложений типа l_1 невозможна. Это обстоятельство еще раз подтверждает высказанное в § 39 замечание, что в сущности законы, так же как и гипотезы, могут оцениваться в терминах вероятности и что оценка их лишь в терминах «истина» и «ложь» есть результат известного предельного перехода, вызванного потребностями логического контроля.

¹ В частотной теории Мизеса (85) частость, или статистическая вероятность, определяется как предел последовательности случаев в серии n испытаний. В настоящем изложении ради простоты мы пользуемся классическим определением частости.

§ 36. Принцип полной верифицируемости

Обратимся к другим теоретическим предложением, содержание которых относится к конечным эмпирическим объектам. Выберем из теории T_2 , описывающей форму и строение земли, теоретическое предложение l_2 , утверждающее, например, «Земля шарообразна»¹. Допустим, что из конъюнкции l_2 и предложений s_1 и s_2 , относящихся к геометрии, мы можем получить предложения s_{1k_2} и s_{2k_2} : $l_2 \cdot s_1 \vdash s_{1k_2}$ и $l_2 \cdot s_2 \vdash s_{2k_2}$. Допустим ради простоты, что предложениями s_{1k_2} и s_{2k_2} исчерпываются все возможные предложения ряда s_{k_2} , попарная идентификация которых с эмпирическими высказываниями s_{1e_2} и s_{2e_2} служит достаточным и необходимым критерием для определения s_{k_2} . Если s_1 означает: «Двигаясь по поверхности шара в одном и том же направлении, мы рано или поздно приедем к исходной точке», и s_2 — «Проекция шара есть круг», то s_{1k_2} представляет собой высказывание: «Двигаясь по поверхности земли в одном и том же направлении, мы рано или поздно приедем к исходной точке», а s_{2k_2} — «Проекция земли должна иметь форму круга, а линия горизонта — форму окружности». Таким образом, полученные нами предложения вполне допускают их эмпирическую проверку. Проделав кругосветное путешествие в соответствии с правилом, получаемым из s_{1k_2} и совершив высотную фотосъемку в соответствии с содержанием s_{2k_2} , мы можем фиксировать наблюдения в двух предложениях: s_{1e_2} — «Двигаясь в одном и том же направлении по поверхности земли, мы вернулись в исходную точку», s_{2e_2} — «Линия земного горизонта имеет форму окружности». После этого становится возможным провести сравнение дедуцированных и эмпирически установленных предложений. Их попарное отождествление, т. е. $s_{1k_2} \equiv s_{1e_2}$ и $s_{2k_2} \equiv s_{2e_2}$, как будто бы доставляет удовлетворительное решение и позволяет думать, что в данном случае имеет место полная верифицируемость l_2 .

Принцип полной верифицируемости заключается в том, что из подлежащего верификации предложения s_i (в данном

¹ Строго говоря, земля имеет форму геоида. Однако этим можно пренебречь, поскольку это не влияет на ход дальнейших рассуждений.

случае $s_i = l_2$), относящегося к конечному объекту, выводится конечное число предложений, подлежащих попарной идентификации с таким же числом эмпирических предложений. Исходное теоретическое предложение считается верифицированным, если во всех кардинальных отношениях осуществимо содержательное и формальное тождество дедуцированных и эмпирически установленных высказываний.

Таким образом, все дальнейшее рассмотрение упирается в решение проблемы, насколько логически оправдано отождествление дедуцированных высказываний ряда s_k с эмпирически установленными s_e .

Рассмотрим поэтому саму процедуру установления эмпирических высказываний, включаемых в кардинальные отношения.

§ 37. Данные единичного наблюдения и кардинальное отношение

Принцип верификации предполагает, что всякое предложение наблюдения s_e представляет собой логическую фиксацию единичного, так сказать, решающего наблюдения. При этом вопрос о том, какова природа этого наблюдения и каков механизм перехода от него к соответствующему высказыванию представителями логического эмпиризма игнорируется как психологический и, следовательно, лежащий вне сферы логического рассмотрения (89, 92). В следующей главе мы постараемся показать, что в основе так называемого единичного наблюдения лежат статистические процессы и что оно само обладает статистической природой. Сейчас же необходимо решить другую проблему, а именно, могут ли высказывания, представляющие логическую фиксацию, т. е. описание решающего единичного наблюдения, включаться в кардинальное отношение и выполнять роль верифицирующего эмпирического высказывания. Именно это предположение лежит в основе неопозитивистского понимания процесса верификации (68, 86, 55, 92). Предложения, представляющие собой непосредственное описание результатов решающего наблюдения, получили название протокольных предложений, констатаций, предложений наблюдения. Эти предложения представляют собой логическое описание непосредственных ощущений или переживаний (*das Erlebnis*), получаемых в эксперименте, поставленном с целью верификации исход-

ного теоретического предложения. Но такое языковое описание представляет собой фиксацию той конкретной эмпирической ситуации, в которой было сделано данное единичное наблюдение. Поэтому всякое единичное наблюдение и соответствующее ему логическое описание, называемое в дальнейшем данным, или эмпирически данным (d), заключает в себе информацию лишь о том состоянии объекта, которое существовало в момент наблюдения и носит в известных границах случайный характер. Это замечание сохраняет силу даже в том случае, когда регистрация наблюдений и их описание осуществляются не человеком, подверженным всякого рода эмоциональным аффектам, а техническим устройством, индифферентно относящимся к результатам регистрации. В этом нетрудно убедиться, обратившись к примеру.

Рассмотрим в общем виде, каким образом могут быть получены эмпирические высказывания, необходимые для верификации I_2 . Известно, что движение по земле вдоль любого из ее меридианов или параллелей или по любой кривой, образованной эллиптическим сечением земли, не может совершаться по идеальной геометрической линии. Двигущееся тело даже при наличии всех допустимых технических усовершенствований должно считаться с рељефом местности, колебаниями поверхности земли, нарушениями электромагнитного, гравитационного полей и другими бесконечными по числу случайными воздействиями. Поэтому траектория движения экспериментального устройства, если бы она была с идеальной точностью (которую мы на время предполагаем осуществимой) фиксирована в аналитическом или графическом виде, представляла бы собой линию, содержащую более или менее значительные отклонения от геометрической. Всякое повторение эксперимента давало бы, ввиду изменения случайных воздействий, некоторые изменения в результирующих записях. Таким образом, фиксации каждого проделанного эксперимента, т. е. данные, в определенных границах всегда будут отличаться друг от друга, если они выполнены с достаточной, предельной при данном уровне измерительной техники, точностью и бесспорно будут отличаться от s_{1k_2} , поскольку последнее содержит в себе утверждение об идеальной геометрической траектории на поверхности земли. Точно так же обстоит дело с приобретением эмпирического знания о круговой форме линии земного горизонта. Даже при чрезвычайно высокой точнос-

ти фотографирующего устройства, как показывает практика аэрофотосъемок и съемок со спутников, каждая пара данных, если иметь в виду, что данные предельно точно описывают результаты наблюдения, включает в себя (хотя и незначительные) отклонения от идеальной круговой линии. При этом воздействие случайных факторов, таких, как облачность, различные дефекты освещения, вибрация несущего устройства, различные оптические эффекты на поверхности земли и т. д., может вызывать более или менее значительную дисперсию и среднее квадратичное отклонение от эталона, за который мы принимаем S_{2k_2} . Причем, величина этих отклонений может быть иногда весьма значительной.

Каждое данное, в аналитической или графической форме описывающее результат единичного наблюдения, представляет собой, таким образом, фиксацию знания об одной из случайных эмпирических ситуаций и не может быть экстраполировано на объект в целом. Даже если в противоречии с только что сказанным допустить, что одно из данных по своему содержанию столь нечувствительно отличается от подлежащего верификации высказывания, что на первый взгляд кажется оправданным их включение в одно и то же кардинальное отношение, то и в этом случае у нас нет решительно никаких оснований полагать, что именно это данное фиксирует положение дел с большей объективностью, чем любое другое. Таковы содержательные возражения против допущения данных, непосредственно полученных в эксперименте в качестве верифицирующего эмпирического высказывания, включаемого в кардинальное отношение $s_k \equiv s_e$. Однако эти возражения представляются обоснованными и с чисто логической точки зрения.

Обозначим данные, полученные в эксперименте \mathcal{E}_1 («кругосветное путешествие») через $d'_1, d'_2 \dots d'_r$, а данные, полученные в эксперименте \mathcal{E}_2 («высотная фотосъемка»), — через $d''_1, d''_2 \dots d''_r$ (где r — показатель числа отдельных единичных наблюдений). Для удобства сравнения данных будем исходить из какой-нибудь численной их характеристики, например среднего квадратичного отклонения по отношению к численному значению верифицируемого предложения s_{1k_2} или s_{2k_2} . Разумеется, в виде исключения, в эмпирическом исследовании возможна ситуация, при которой некоторое $d_j \equiv d'_i$, например при грубых технических измерениях. Однако, в соответствии со сказанным выше, в дос-

таточно большом ряду единичных наблюдений всегда найдутся такие данные d_m и d_l , численные значения которых не равны. Вообще для эмпирических исследований, проводимых с достаточной точностью, наиболее характерно положение дел, при котором

$$d'_1 \neq d'_2 \neq d'_3 \dots \neq d'_{r-1} \neq d'_r$$

Не имея объективного критерия (ни формального, ни содержательного) для предпочтения одного из полученных данных с целью использования его в качестве верифицирующего высказывания, можно было бы согласиться, что эти данные пригодны для указанной цели лишь в случае, если все они с одинаковым успехом могли бы выполнять роль эмпирического высказывания, включаемого в кардинальное отношение, устанавливающее верифицируемость s_{1k_2} . Однако это невозможно. Действительно, опираясь на $(U = X) \cdot (U = Y) \supset (X = Y)$, являющееся законом для отношения тождества, мы должны были бы всегда иметь: $(s_{1k_2} \equiv d'_m) \cdot (s_{1k_2} \equiv d'_l) \supset (d'_l \equiv d'_m)$, где d'_l и d'_m — произвольно выбранные данные, полученные в эксперименте \mathcal{E}_1 . Однако, несмотря на возможность получения, в виде исключения тождества $d'_l \equiv d'_l$ в ряду $d'_1, d'_2 \dots d'_r$, всегда, как уже говорилось, могут быть выбраны такие d'_l и d'_m , для которых осуществимо условие: $d'_l \neq d'_m$. Поэтому, возвращаясь к последней импликации, мы убеждаемся, что для сохранения ее истинности при ложности консеквента необходимо рассматривать и антецедент, т. е. $(s_{1k_2} \equiv d'_l) \cdot (s_{1k_2} \equiv d'_m)$ как ложное высказывание. Последнее представляет собой конъюнкцию, которая, как известно, ложна, когда ложно, по крайней мере, одно из входящих в нее высказываний¹. Но из этого следует, что тождества $s_{1k_2} \equiv d'_l, s_{1k_2} \equiv d'_m$ не могут быть установлены одновременно и что, стало быть, выдвинутое ранее условие по чисто логическим соображениям невыполнимо.

Совершенно аналогичным образом можно прийти к подобным выводам относительно данных, полученных в эксперименте \mathcal{E}_2 и в любом другом эмпирическом исследовании.

¹ Следует иметь в виду, что каждое выражение, заключенное в скобках, может быть представлено как отдельное высказывание.

Таким образом, данные единичного наблюдения в силу указанных обстоятельств не могут выполнять роль верифицирующих эмпирических высказываний, включаемых в кардинальное отношение. Но отвергнув данные в качестве логически оправданного средства верификации теоретических предложений, мы еще не выяснили, каким образом устанавливаются эмпирические высказывания, пригодные для этой цели. Очевидно, предварительные требования, предъявляемые к этим высказываниям, могли бы быть сформулированы так:

- 1) они должны содержать в себе знание, максимально освобожденное от случайных и субъективных элементов;
- 2) заключенное в них знание должно относиться к объекту в целом или, точнее, к его основным свойствам, связям и отношениям, образующим объективный предмет исследования (Π_1), а не к отдельным, обнаруживаемым в эксперименте состояниям объекта;
- 3) они должны устанавливаться на основе непосредственно полученных в эксперименте данных.

§ 38. Переход от данных к статистическому резюме

Протоколы, предложения наблюдения или эмпирические данные представляют собой непосредственную языковую фиксацию результатов единичного наблюдения. И в этом заключается как их достоинство, так и их недостаток. Они представляют собой, как подчеркивал Р. Мизес (84), логическую форму ощущений. Карнап (67) столь же определенно утверждал, что в основе научно построенной системы знания лежат единичные, далее не разложимые переживания, ощущения. Но ощущения, обладая достоинством непосредственности, фиксируют не только объективные состояния исследуемого явления в момент, когда оно воздействует на субъект, но и все случайные обстоятельства, сопровождающие эти воздействия. В соответствии с этим каждое описание единичного наблюдения заключает в себе информацию не только о «моментальном», но и в значительной степени случайном состоянии объекта. Как было показано выше, это обстоятельство в первую очередь препятствует использованию данных в качестве средств верификации теоретического знания. Критический анализ неопозитивистского понимания верификации, со-

держащийся в предыдущих параграфах, со всей очевидностью обнаруживает его слабые стороны. Не останавливаясь более на этой стороне, перейдем к позитивному аспекту проблемы.

Наука представляет собой логически построенное знание об исследуемых объектах. Это знание реализуется в форме понятий, высказываний, умозаключений и т. д. В конечном счете научное знание возникает на основе чувственных образов, получаемых в эксперименте и шире — в практике, т. е. на основе ощущений. Но отождествлять в силу этого теоретическое знание с ощущениями столь же неправомерно, как отождествлять сталь с рудой, из которой ее получают. Ощущения, как подчеркивал В. И. Ленин (3), представляют собой субъективный образ объективного мира. Поскольку наука стремится к приобретению объективно истинного знания, т. е. к выделению такого содержания в наших представлениях, которое не зависит ни от человека, ни от человечества, поскольку переход от ощущений, полученных в непосредственном эксперименте (и соответствующих им данных), к научному знанию выступает как сложный гносеологический процесс. Сущность его состоит в стремлении максимально очистить от субъективного объективное содержание, заключающееся в единичных наблюдениях, получаемых в эмпирическом исследовании. Так как каждая эмпирическая наука стремится построить свои знания о качественно разнообразных объектах главным образом в виде количественных и структурных характеристик последних, то важнейшим средством такого перехода от непосредственных данных к более высокой форме эмпирического знания являются статистические методы обработки. Самые различные в качественном отношении ощущения могут быть охарактеризованы количественно, при помощи каких-то численных значений: например, визуальные и акустические могут характеризоваться частотой колебаний соответствующих волн; тактильные — величиной давления, температурой и т. д. Применение статистического аппарата (в дальнейшем обозначаемого через S_f) к ряду данных, полученных в эксперименте, позволяет получить некоторое новое эмпирическое высказывание s_e , которое отличается от непосредственно данных рядом новых свойств и которое, как мы увидим в дальнейшем, может выполнять роль эмпирического факта науки. Этот переход от данных к статистически установленному высказыванию схематически может

быть записан: $d^r Sts_e$. Здесь d^r — совокупность всех полученных в эксперименте данных, а вся запись показывает, что s_e получается в результате статистической обработки d^r . При обработке d^r различными статистическими методами могут быть получены различные статистические характеристики: среднее, величина дисперсии, мода и т. д. Однако все они отличаются от непосредственно данных тем, что, представляя собой результат статистической обработки, нивелирующей различного рода случайные элементы, содержащиеся в данных, эти характеристики содержат знания об объекте в целом и освобождены от субъективности, присущей данным. Но что особенно важно, статистическая обработка более или менее значительного ряда данных позволяет получить вместо множества высказываний о результатах единичных наблюдений одно единственное высказывание — статистическое резюме эксперимента. Вследствие этого возможно избежать трудностей, связанных с попыткой выделения из множества данных высказываний, подлежащих включению в кардинальное отношение. Будучи лишенным достоинства непосредственной очевидности, присущей эмпирическим данным, статистическое резюме обладает более высокой степенью объективности и в силу этого способно выполнять особую функцию — функцию эмпирического факта науки.

§ 39. Факт науки

Однако не всякое эмпирическое высказывание, полученное в результате статистической обработки данных, может считаться фактом науки. Для того чтобы то или иное эмпирическое высказывание, выраженное в словах обычного языка числом или специальными научными терминами, могло рассматриваться как факт науки, оно должно характеризоваться определенной величиной статистической вероятности. Очевидно, что последняя должна быть установлена заранее как определенное теоретическое требование. Величина статистической вероятности P_{st} , позволяющая рассматривать некоторое высказывание как факт науки, определяется задачами и требованиями той или иной теории и регулируется законом больших чисел. Закон этот гласит, что при достаточно большом числе независимых экспериментальных наблюдений r , в которых зафиксировано m благоприятных случаев, абсолютная величина раз-

ности между $P_{st} = \frac{m}{r}$ и вероятностью P , установленной теоретически, может быть, с вероятностью сколько угодно близкой к единице, сделана меньше любого как угодно малого ϵ , т. е.

$$|P_{st} - P| < \epsilon$$

Если величина ϵ в каждом конкретном исследовании заранее установлена, то можно с достаточной точностью вычислить, каким должно быть число (r) данных, для того чтобы вероятностная оценка эмпирического высказывания, полученная в результате статистической обработки, позволяла рассматривать его как факт науки. Так, например, при решении задачи, какова вероятность (w) того, что при 10 выстрелах сумма попаданий в цель будет четной, следует осуществить более или менее значительное число испытаний. Вычисление w производится по формуле

$$W = \sum_{k=0}^5 c_{10}^{2k} P^{2k} (1-P)^{10-2k}.$$

Чтобы получить надежный результат по условиям задачи, вероятность P должна быть установлена с точностью до двух знаков после запятой, а для этого, как показывают теоретические расчеты (9), необходимо проделать 10 000 независимых испытаний ($r = 10\ 000$), или 100 000 отдельных выстрелов. Только после этого вероятностная оценка эмпирического высказывания о сумме попаданий может позволить расценить это высказывание как эмпирически установленный факт. Разумеется, число эмпирических данных, необходимых для получения того или иного факта, может быть весьма различным. Важно отметить лишь то, что во всех случаях оно регулируется не произволом исследователя, а точно установленной величиной ϵ , не зависящей от характера самого эксперимента. Как видно, установление факта науки всегда предполагает некоторое множество исходных эмпирических данных и притом это множество тем больше, чем выше статистико-вероятностная оценка получаемого факта, т. е. чем меньше по абсолютному значению величина ϵ . Поэтому с полным основанием можно утверждать, что эмпирическое знание, построенное лишь на единичном, решающем наблюдении (38), не может рассматриваться как факт науки, ибо факт всегда обладает

статистической природой. В этом смысле совершенно прав Ф. Брентано (64), указывая, что экспериментальное доказательство Архимедом теоремы о квадратуре параболы (упоминавшейся в начале главы) носило вероятностный или, точнее говоря, статистический характер.

Понимание того, что факт науки есть статистически установленное эмпирическое высказывание, позволяет определить условия верификации теоретических предложений при помощи фактов науки.

Итак, фактом науки называется эмпирическое высказывание, представляющее собой статистическое резюме непосредственных экспериментальных данных. Для того чтобы данное эмпирическое высказывание было признано фактом науки, необходимо, чтобы его статистическая вероятность отличалась от логической вероятности сколь угодно мало и могла быть приближена к ней путем введения в статистический аппарат дополнительного числа данных

§ 40. Факт и кардинальное отношение

Если верификация теоретических предложений при помощи эмпирических данных неосуществима, то означает ли это, что место непосредственных данных в процессе верификации могут занять статистически установленные факты? Иначе говоря, можно ли считать логически безупречным кардинальное отношение $s_k \equiv s_e$ в случае, когда s_k и s_e одинаковы по содержанию, но при этом первое установлено дедуктивно, а второе есть статистически установленный факт? Допустим, что в результате обработки данных d'_1, d'_2, \dots, d'_r эксперимента \mathcal{E}_1 мы получили содержательное высказывание: «Двигаясь в одном и том же направлении по поверхности земли, путешественник возвращается в исходную точку» (s_e). Можно ли полностью отождествить это предложение с выведенным из I_2 по дедуктивной схеме высказыванием s_{1k_2} : «Двигаясь по поверхности земли в одном и том же направлении, путешественник возвращается в исходный пункт». На первый взгляд, такое отождествление не вызывает никаких возражений; но если учесть, что в кардинальное отношение могут включаться высказывания не только с тождественным содержанием, но и с тождественным значением истинности, то установление кардинального отношения оказывается невозможным.

В самом деле, так как подлежащее верификации предложение выведено по схеме: $I_2 \cdot s'_1 - s_{1k_2}$, то при условии, что оба высказывания, образующие основание вывода, истинны, оно само имеет значение «истинно», т. е. 1. Высказывание же s_e , рассматриваемое как статистически установленный факт, может расцениваться как достоверное лишь в предельном, практически невозможном случае, когда все исходные данные d'_1, d'_2, \dots, d'_r абсолютно идентичны друг другу. В практике эмпирического исследования статистико-вероятностная оценка подобных высказываний более или менее значительно отличается от единицы. Сколь бы малой ни была эта разница, отождествление статистической вероятности факта (P_{st}) с достоверностью невозможно, ибо мы всегда¹ имеем $1 > P_{st} > 0$.

Выше уже говорилось, что современная многозначная логика допускает интерпретацию численных значений вероятности как определенных значений логической истинности. При этом достоверность приравнивается к истине (1), невозможность приравнивается ко лжи (0), и все остальные значения истинности, соответствующие определенным численным значениям вероятности, располагаются между 0 и 1. Интерпретировав на основании этого статистическую вероятность факта как соответствующее значение истинности и обозначив последнюю через $[P_{st}]$, мы можем со всей определенностью утверждать, что в строго логическом смысле отождествление двух высказываний, идентичных по содержанию, но имеющих различные значения истинности $[P_{st}]$ и 1 (при $P_{st} < 1$), неправомерно. Тем не менее условное отождествление подобных высказываний при выполнении определенных требований постоянно осуществляется в практике научного исследования. Задача поэтому заключается теперь в том, чтобы выяснить, каковы условия, при которых возможно условное отождествление s_k со значением истинности, равным 1, и s_e — со значением истинности, равным $[P_{st}]$. Пусть при $1 > P_{st} > 0$ численное значение разности между статистико-вероятностной оценкой факта и соответствующей оценкой верифицируемого s_k обозначается через ν . Тогда $\nu = 1 - P_{st}$. Интерпретировав P_{st} как соответствующее значение истинности в системе многозначной вероятностной логики, мы получим: $[\nu = 1 - P_{st}]$. Будем

¹ За исключением оговоренного нами предельного случая, вероятность которого близка к 0.

называть $[v]$ — дефектом истинности, рассматривая его как формальный показатель различия между значением истинности дедуктивно установленного высказывания s_k и значением истинности индуктивно установленного факта s_e . Так как по условию $1 > P_{st} > 0$, то и $1 > v > 0$, и, следовательно, при логической интерпретации этих величин дефект истинности всегда будет подчиняться соотношению $1 > [v] > 0$. Для определения требований, позволяющих устанавливать условное тождество s_k и s_e (обозначаемое в дальнейшем через $s_k \equiv s_e$), нам необходимо воспользоваться новым понятием оценки дефекта истинности: ς .

В каждом экспериментальном исследовании, преследующем получение факта, необходимого для установления того или иного кардинального отношения, численная величина оценки ς устанавливается заранее в соответствии с требованиями определенной теории. В случае, когда дефект истинности и значение истинности факта располагаются между 0 и 1, величина оценки также должна подчиняться отношению $1 > [\varsigma] > 0$. В тех случаях, когда процесс верификации осуществляется полностью, т. е. имеется в виду как экстенсиональное, так и интенсиональное значение высказываний, включаемых в кардинальное отношение, s_k может быть условно отождествлено (верифицировано) с идентичным по содержанию эмпирическим фактом s_e , если и только если значение истинности последнего, заключенное между 0 и 1, отличается от значения истинности первого (равного 1) не более, чем это допускается оценкой дефекта истинности. Правила, определяющие условия установления кардинального отношения $s_k \equiv s_e$, могут быть символически записаны так: $s_k \equiv s_e \Leftrightarrow [v] \leq [\varsigma]$.

Подытожим сказанное.

1. Принцип верификации не может служить абсолютным критерием, позволяющим без каких-либо опосредующих методов определять эмпирическое содержание подлежащих верификации теоретических предложений, ибо кардинальное отношение процесса верификации не может устанавливаться на уровне непосредственных эмпирических данных. Оно осуществляется на уровне факта, устанавливаемого при помощи определенных статистических методов. Кардинальное тождество между верифицируемым и верифицирующим носит условный характер и регулируется правилами, создаваемыми на базе принципов теории вероятностей и статистики.

2. Эмпирические высказывания, входящие в состав науки и являющиеся ингредиентами ее компонента (Φ), устанавливаются на основе статистической обработки некоторого множества данных. Переход к факту в гносеологическом аспекте представляет первый этап движения по пути выделения объективного содержания, заключенного в эмпирических данных. Однако сами данные в состав науки не входят, так как:

а) число их в каждом эксперименте может быть чрезвычайно велико (несколько десятков и даже сотен тысяч), и при возрастающем числе экспериментов включение всех данных в систему предложений науки грозило бы развалом этой последней;

б) данные фиксируют в себе значительную долю случайных моментов. Их объективная значимость несравненно ниже объективной значимости факта. Тем не менее установление факта науки немыслимо без предварительного набора соответствующих данных.

В этом смысле нельзя не согласиться с В. Юхосом (95), заметившим в связи с проблемой определения и верификации так называемых диспозиционных предикатов, что эмпирические знания на уровне науки и повседневного опыта различаются тем, что последние опираются на единичные наблюдения, тогда как первые предполагают более или менее значительное множество экспериментальных данных¹. Число данных, необходимых для получения факта с заранее определенной статистической вероятностью, регулируется теоретически на основании принципа больших чисел.

3. Наконец, особенно важно подчеркнуть, что данные и факт представляют две ступени эмпирического знания. Достижение последней и использование ее для верификации теоретических предложений предполагает, как было показано, применение различных статистических методов и понятий, выработанных теоретически вне и независимо от каждого конкретного эксперимента. Поэтому определение характера и места статистических методов в эмпирическом исследовании, а также самой структуры последнего является важной задачей логики науки.

¹ Вопрос о статистической природе наблюдаемых и диспозиционных предикатов рассмотрен нами в (37).

Глава VII СТРУКТУРА И МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ЭМПИРИЧЕСКОГО ЗНАНИЯ

В этой главе нам предстоит рассмотреть структуру процесса построения эмпирических знаний. Поскольку построение таких знаний, являющихся фактом науки, достигается посредством применения статистических методов, постольку целесообразно начать с обсуждения вопроса о том, какова связь этих методов с природой исследуемых объектов.

§ 41. Статистическая природа эмпирического объекта

Большинство объектов эмпирического исследования может быть с самого начала представлено в качестве явлений, обладающих статистической природой. Статистической совокупностью называется любая массовая совокупность случайно подобранных индивидов. Объект, который может быть представлен в виде совокупности подобного рода, мы будем называть статистическим объектом. Примерами статистических объектов могут служить газ, находящийся в сосуде, популяция биологических индивидов, население города и т. д.

Если перед нами стоит задача установить, каков средний рост взрослых мужчин, живущих в данном городе, то для решения задачи образуется совокупность из достаточно большого числа случайно подобранных индивидов, отвечающих определенным требованиям. Среднее арифметическое, полученное в результате обработки данных о росте отдельных людей, образующих в совокупности объект эмпирического исследования, может служить ответом на поставленную задачу. Бессспорно, что объект, образованный таким образом, обладает статистической природой. Однако можно возразить, что далеко не все объекты, подвергаемые экспериментальному изучению, статистичны по своей природе. Для подтверждения этого обычно ссылаются на изолированную молекулу, отдельного человека, выделенного из массовой совокупности, или летящий снаряд и т. д. Предполагается, что объекты подобного рода обладают совершенно индивидуальной природой, подчинены динамическим закономерностям и не могут быть интерпретированы

ны статистически. Представление о существовании резкой границы между объектами, обладающими статистической природой, и объектами, лишенными её полностью, целиком принадлежит XIX в. Оно было порождено, с одной стороны, несовершенством экспериментальной техники, а с другой стороны, абсолютным различием динамических и статистических закономерностей. Не останавливаясь на доказательстве того, что динамические закономерности выступают как условный, предельный вариант статистических, поскольку это обстоятельство уже отмечалось в нашей литературе (23), попытаемся показать, что даже так называемые индивидуальные объекты могут быть представлены в виде массовых статистических совокупностей.

В самом деле, отдельный человек, рост которого принимается как некоторое абсолютное значение, когда этот человек выступает в качестве случайного индивида, объекта статистического исследования, сам может быть представлен в виде массовой совокупности случайных состояний роста, меняющихся под воздействием тех или иных причин не только в течение недели, но даже отдельных суток. Известно, что рост взрослого человека в течение суток меняется в диапазоне ≈ 2 см. Поэтому каждая моментальная фиксация роста индивида в течение суток является случайной величиной по отношению к его средней величине. Подобным же образом обстоит дело с изолированной молекулой или летящим снарядом. В газе, образованном совокупностью молекул, броуново движение каждой из них выступает как случайная характеристика поведения индивида в совокупности. Изолированная молекула, выделенная из совокупности какими-либо средствами, в свою очередь может быть представлена как особый эмпирический объект, случайными статистическими состояниями которого будут являться колебания молекулы вокруг некоторого среднего значения. Точно так же, пользуясь тонкими измерительными средствами, можно представить как сам летящий снаряд, так и его траекторию как массовую совокупность случайных состояний, колеблющихся вокруг некоторого среднего значения. Таким образом, если рост отдельного человека или полет единичного снаряда выступают как случайные феномены статистически интерпретируемых объектов, то, будучи выделены в качестве самостоятельных объектов другого процесса исследования, они, в свою очередь, могут быть интерпретированы как некоторая массовая совокуп-

ность, т. е. статистические объекты другого уровня. Понятие уровня (см. § 12) позволяет ввести чрезвычайно важное представление о статистической природе любого объекта эмпирического исследования. Теоретически любой объект эмпирического исследования может быть интерпретирован как некоторая массовая совокупность, индивидами которой могут выступать как отдельные качественные состояния, так и отдельные связи и отношения. В свою очередь, каждый из феноменов, выступающий как индивид данной массовой совокупности, может быть выделен как самостоятельный объект другого уровня и, в свою очередь, представлен в виде массовой совокупности. Логически такое сведение объектов одной статистической природы к объектам другого статистического уровня может продолжаться в виде бесконечного регресса, и выбор конечного пункта логической редукции определяется конвенцией. Однако в практике эмпирического исследования подобного рода конвенцию заменяют технические условия эксперимента, т. е. состояния измерительной техники, допускающей или не допускающей экспериментальную фиксацию индивидуальных состояний массовой совокупности, выделенной в качестве объекта исследования. Другим моментом, определяющим границы редукции эмпирических объектов к объектам другого статистического уровня, является установленная теоретическим исследованием величина ς или ν , определяющая необходимую экспериментальную точность и число r данных, необходимых для образования факта в соответствии с условиями, указанными в предыдущей главе.

§ 42. Компоненты структуры эмпирического исследования

Таким образом, в установлении эмпирического высказывания, подлежащего включению в число фактов науки, участвуют в качестве компонентов процесса эмпирического исследования:

- 1) объект O , представленный в виде массовой совокупности случайно подобранных индивидов;
- 2) экспериментальное устройство m , позволяющее фиксировать в соответствующих единицах отдельные состояния объектов;

3) ряд или серия данных D' , фиксирующих в терминах и предложениях, разрешенных языком данной науки, отдельные результаты, полученные при взаимодействии m и O ;

4) статистический аппарат S_t , состоящий либо из аналитически представленных статистических формул, либо из соответствующей статистической модели, выполняемой на различных технических устройствах;

5) процесс сопоставления статистической вероятности эмпирического высказывания с дедуктивно установленной оценкой, позволяющей определить, насколько результаты опыта удовлетворяют требованиям теории.

Последовательный переход от одного из указанных компонентов к другому образует структуру построения эмпирического знания, преследующего в каждом отдельном случае установление единичного факта науки. Анализ этой структуры обнаруживает, что три первых компонента O , m , D' в реальном эксперименте всегда представляют собой образование, обладающие статистической природой. Или, иначе говоря, каждый из этих компонентов выступает как некоторая массовая совокупность, причем D' выступает как результат r взаимодействий O и m .

§ 43. Эмпирическая ситуация и единичное данное

При этом каждое из единичных данных d , являющихся элементами совокупности D' , всегда фиксирует наличие единичного контакта между объектом и соответствующей экспериментальной установкой. Такой контакт, в результате которого получается отдельное данное, называется эмпирической ситуацией и символически обозначается: $O_i \cdot m_i$, где i — порядковый номер, а O_i и m_i — состояния объекта и экспериментальной установки в данной эмпирической ситуации. Акт получения единичного данного может быть представлен в виде: $(O_i \cdot m_i) | d_i$ (высказывание d_i описывает данную эмпирическую ситуацию). Так как эксперимент, имеющий целью получить эмпирическое знание о некоторой стороне исследуемого статистического объекта, предполагает осуществление более или менее значительного числа эмпирических ситуаций, необходимых для получения данных, допускающих статистическую обработку, то очевидно, что D' включает в себя r элементов d , равное числу фиксированных в них единичных эмпирических ситуаций, т. е. $D' = \sum_{i=1}^r d_i$. Эта запись рассматривается

как обозначение для суммирования дискретных величин и интегрирования непрерывных.

Для получения факта, возникающего в результате статистической обработки D' , необходимо отчетливо представлять, какова природа знания, заключенного в каждом индивидуальном данном. Существо проблемы состоит в том, что каждое данное фиксирует единичную эмпирическую ситуацию, тогда как цель — получить знание о предмете P_1 , выделенном в данном объекте. Поэтому первоочередная задача заключается в том, чтобы в каждом отдельном данном d_i , фиксирующем результат взаимодействия индивидуального случайного состояния O и случайного индивидуального состояния $O_i m_i$, выделить некоторое знание g_i , учитывающее и фиксирующее исключительно состояние O_i . Однако, поскольку реально получаемое в эксперименте d_i фиксирует целиком эмпирическую ситуацию $(O_i m_i)$, а не только O_i , то строение d_i удобно представить: $d_i = g_i g'_i$, т. е. как конъюнкцию двух высказываний, где g'_i — знание, фиксирующее в чистом, идеальном виде индивидуальное состояние m_i , а g_i — такое же знание об O_i .

§ 44. Получение $d_i = g_i$ и контрольные исследования

При грубых измерениях, например измерении роста человека при помощи стальной линейки, статистическая природа самого экспериментального устройства обычно игнорируется. Это оправдано тем, что колебания длины линейки не влияют на ее эффективность как экспериментальной установки при условии, что эти колебания несопоставимо малы по сравнению с размерами измеряемого объекта. Когда установка, участвующая в эксперименте, условно рассматривается как сооружение, лишенное статистической природы, ее отдельные состояния $m_1, m_2 \dots m_r$, считаются равными друг другу, т. е. $m_1 = m_2 = m_3 = \dots m_{r-1} = m_r = m$. При этом вероятностная оценка высказывания g'_i , утверждающего, что во всех r эмпирических ситуациях состояние установки остается неизменным и не влияет на характер получаемых данных, может рассматриваться как равное 1, ибо имеет место $\frac{m_1 + m_2 + \dots + m_r}{rm} = 1$.

Из теории вероятностей известно, что вероятность одновременного наступления двух случайных событий равна про-

изведению их вероятностей. Так как нас интересует вероятностная оценка эмпирического высказывания об определенной ситуации ($O_i m_i$), образующейся в результате контакта случайного состояния объекта и экспериментальной установки, то, обозначив вероятностную оценку d_i посредством $P_{st}(d_i)$, а вероятностную оценку высказывания о случайных состояниях объекта и установки посредством $P_{st}(g_i)$ и $P_{st}(g'_i)$, мы получим: $P_{st}(d_i) = P_{st}(g_i) \cdot P_{st}(g'_i)$. Так как в эксперименте, в котором статистические изменения установки игнорируются и, следовательно, $P_{st}(d'_i) = 1$, то, подставив последнюю формулу в предыдущую, получим $P_{st}(d'_i) = P_{st}(g_i) \cdot P_{st}(g'_i) = P_{st}(g_i) \cdot 1 = P_{st}(g_i)$. Это выражение следует понимать в том смысле, что вероятностная оценка непосредственного данного, полученного в результате фиксации единичной эмпирической ситуации, в которой состояние установки игнорируется как не оказывающее влияния на результаты опыта, целиком и полностью зависит от статистических изменений объекта. Иначе говоря, в рассматриваемом случае соотношение ($O_i m_i$) может быть сведено к $O_i | d_i = g_i$. В конечном счете цель всякого эксперимента заключается в том, чтобы тем или иным образом получить ряд данных, каждое из которых учитывает лишь индивидуальное статистическое состояние объекта. Действительно, лишь в случае, когда все высказывания, образующие ряд D' , могут быть представлены в виде $O_1 | d_1, O_2 | d_2 \dots O_r | d_r$, можно с уверенностью полагать, что полученный в результате их статистической обработки факт будет относиться к исследуемому объекту. Для этого необходимо такое построение эмпирического исследования, при котором в силу условия или как предельный технический вариант принимается, что статистическая природа установки игнорируется и ее состояние не принимается в расчет как не влияющее на достоверность или, точнее говоря, на статистическую вероятность эмпирических данных, все различия которых целиком относятся за счет массовых случайных процессов в объекте. Построение эмпирического знания, проводимое по схеме, в которой игнорируется статистическая природа установки, мы будем называть процессом построения эмпирического знания с динамическим или погашенным состоянием установки и символически будем обозначать: $01 D' Stc$. Осуществление этой схемы исследования есть условие, позволяющее рассматривать каждое данное

как чистое знание о моментальном состоянии статистического объекта: $d_i = g_i$.

Однако в большинстве современных эмпирических исследований статистическая природа установки не только не игнорируется, но специально выделяется в качестве особого предмета так называемого контрольного исследования. В контрольных измерительных исследованиях в качестве статистически интерпретируемого объекта выступает сама установка, рассматриваемая как массовая совокупность случайных состояний приборов, инструментов и т. п., выступающих в качестве второго компонента в структуре основного исследования. В этом случае для выявления статистической характеристики установки и получения более полной информации о том, в какой мере случайные, непосредственно не контролируемые состояния влияют на статистико-вероятностную оценку данных, относящихся к основному объекту исследования, необходимо осуществление дополнительного контрольного исследования. При этом установка m основного процесса исследования U рассматривается как объект O_k контрольного исследования U_k . Применяемые в контрольном исследовании экспериментальные устройства m_k , взаимодействуя с различными индивидуальными состояниями O_k , образуют ряд эмпирических ситуаций контрольного исследования, фиксируемых в серии данных, рассматриваемых как высказывание об индивидуальных состояниях статистического объекта O_k . По отношению к структуре подобного контрольного исследования, осуществляемого указанным образом, может быть вновь применена полученная ранее схема с той лишь разницей, что само эмпирическое знание, приобретенное в U_k , будет относиться не к основному объекту O , а к $O_k = m$. Но сама структура процесса построения эмпирического знания полностью сохраняется с той лишь разницей, что вместо компонентов основного исследования соответствующие позиции занимаются компонентами U_k . Таким образом, структура контрольного исследования совершенно изоморфна структуре основного исследования и может быть представлена так: $O_k m_k D'_k St_k \subseteq_k$ (индекс « k » означает принадлежность соответствующих компонентов к контрольному исследованию).

Но осуществление исследования подобного рода может вновь выдвинуть вопрос о влиянии статистической установки m_k на статистико-вероятностную оценку данных, являющихся элементами ряда D'_k . Для решения этой проблемы

необходимо осуществить второе контрольное исследование, а поскольку аналогичные вопросы могут появляться каждый раз, возникает опасность бесконечного ряда контрольных исследований. Во избежание этого выявление статистических характеристик M может быть осуществлено в рамках основного эмпирического исследования путем условной элиминации статистических характеристик основного объекта. Речь, разумеется, идет об условной элиминации лишь тех статистических характеристик, которые выделяются задачей исследования в качестве Π_1 для данного эксперимента. Иначе говоря, по отношению к различным индивидуальным состояниям $O_1, O_2 \dots O_r$, исследуемого объекта осуществляется то же условие, которое ранее выполнялось для различных индивидуальных состояний установки, а именно, индивидуальное отклонение $O_1, O_2 \dots O_r$ от некоторого среднего значения \bar{O} приравнивается 0 (нулю), а сами эти состояния считаются совершенно идентичными, т. е. во всех эмпирических r -ситуациях $O_1 = O_2 = O_3 = \dots O_{r-1} = O_r = 0$. Это позволяет считать, что все различия между отдельными данными $d_1, d_2 \dots d_r$ целиком детерминируются различными статистическими состояниями M и не зависят от неизменного во всех эмпирических ситуациях объекта. Иначе говоря, при условии, что объект эмпирического исследования предполагается лишенным статистической природы, можно считать, что $d_i = g_i$. Это означает: $(O_i m_i) | d_i = g_i$. В этом случае статистическая обработка ряда непосредственных данных D' позволит нам получить эмпирическое высказывание, содержащее эмпирическое знание о некоторых статистических характеристиках установки. Вся структура подобного рода исследований может быть записана:

1mD'St_c. Смысл записи ясен из предыдущего рассуждения. Основное достоинство этого вида эмпирического исследования состоит в том, что оно позволяет осуществить задачу контрольного исследования в рамках основного исследовательского процесса. Как правило, в исследованиях, осуществляемых по этой схеме, роль объекта, лишенного статистической природы, выполняет не сам непосредственный объект исследования O , а его модель, т. е. некоторый объект-заместитель, обладающий общим с Π_1 основным объектом, но отличающийся другими свойствами, связями и отношениями в такой степени, которая позволяет рассма-

тровать его как динамическую модель статистического объекта. Причем следует отметить, что в данном случае модель вводится не для изучения статистической природы O , а для получения статистических характеристик t .

Последовательность осуществления различных структур исследования в каждом реальном эксперименте не имеет принципиального значения и регулируется техническими условиями. Однако, поскольку с логической точки зрения существование задачи состоит как раз в том, чтобы при осуществлении $OmD'St\zeta$ представить его в виде $O1 D'St\zeta$, ибо лишь в последнем случае полученный в результате статистической обработки данных факт будет относиться к объекту O , то исследование по схеме 1 $mD'St\zeta$ должно логически предполагаться $OmD'St\zeta$. Это необходимо для того, чтобы при выборе статистического аппарата St , в который закладываются данные ряда D' , можно было бы с самого начала учитывать потребность предельной элиминации всех значений g'_i , позволяющей представить конечный результат статистической обработки реальных данных, фиксирующих все эмпирические ситуации с двумя статистическими компонентами как обработку данных, фиксирующих лишь статистические состояния объекта O . Только при этом условии полученный в результате статистической обработки данных факт может расцениваться как знание, относящееся к основному объекту исследования.

§ 45. Эксперимент, факт, теория

Хорошим примером, иллюстрирующим процесс построения эмпирического знания, в котором отчетливо видна статистическая природа трех первых компонентов, является эксперимент по измерению спектра протонов отдачи в распаде медленных нейтронов, уже приводившийся нами в § 21. Напомним, что цель эксперимента состояла в том, чтобы выяснить, какой из двух установленных теорией вариантов β -распада — a или b — является верифицируемым, ибо, как показали проводившиеся ранее эксперименты, теоретически установленные варианты c и t в β -распаде не осуществляются. Эксперимент проводился следующим образом. Из реактора (нейтронного котла) в прибор, включающий в себя осциллограф, направлялся поток частиц, в котором содержались нейтроны. Если содержащиеся в потоке нейтроны распадались как раз в тот момент, когда они находились в экспериментальной уста-

новке, то это констатировалось тем, что одновременно фиксировались две частицы — электрон и протон, являющиеся вместе с нейтрино продуктами распада нейтронов. Энергия каждого протона, возникавшего в распаде, определялась посредством измерения на экране осциллографа времени пролета протона. Данные, полученные таким образом, должны были подвергнуться дальнейшей статистической обработке (по схеме *ОтД'St*). Чтобы учесть, какое воздействие установка оказывает на численное значение получаемых данных, необходимо было также исследовать изменение эффективности самих приборов, образующих экспериментальное устройство, в зависимости от энергии исследуемых частиц протонов. Это предполагало проведение исследования по схеме *1mД'St*. В качестве объекта-заместителя использовались протоны с заданной энергией. Установка обстреливалась из так называемой протонной пушки такими протонами, энергия которых каждый раз устанавливалась заранее. Причем интенсивность, т. е. число протонов в единицу времени, не зависела от их энергии. Оказалось, что эффективность установки меняется в зависимости от энергий попадающих в нее протонов. Так, при энергии в интервале от a_1 до $a_1 + 10$ вольт (a — условная величина) регистрировалось около 80% выпущенных из пушки протонов, при энергии в интервале от a_2 до $a_2 + 10$ вольт — около 75% и т. д. (получение $g_1, g_2, g_3 \dots g_r$). Учет полученных таким путем поправок дал возможность реконструировать неискаженную колебаниями эффективности установки картину процесса.

Как показал теоретический расчет, для получения достаточно «плавного» графика спектра протонов необходимо было набрать около 30 тыс. эмпирических данных. Лишь в этом случае можно было рассматривать полученный факт как удовлетворяющий требованиям теории статистического расчета. Величина, полученная в результате обработки 30 тыс. данных с учетом поправок, установленных контрольным измерением, позволила довольно точно определить отношение вариантов v и a . Если учесть, что экспериментальная констатация распада медленных нейтронов осуществлялась в описываемом опыте в среднем 1 раз в 3 минуты, а набор $3 \cdot 10^4$ единичных данных вместе с контрольными экспериментами занял около года работы у довольно значительной группы физиков, математиков и технических работников, то нетрудно понять, что дальнейшее уточнение

статистически установленного факта, связанное с резким увеличением числа контрольных измерений, займет огромный промежуток времени. Средством значительно ускорить экспериментальный процесс и статистическую обработку его данных при условии, что статистико-вероятностные характеристики основных ингредиентов уже установлены исходным экспериментом, является применение метода статистического моделирования — метода Монте-Карло (9, 27, 38). В данном эксперименте метод Монте-Карло применялся для вычисления интегральной эффективности установки в целом на основе измеренной дифференциальной эффективности при обстреле установки протонной пушкой в разных направлениях и из разных точек объема, где распадаются нейтроны. С помощью этого метода на машине М-20 по заданной программе, в которую были включены результаты обстрела установки протонной пушкой, производилось моделирование действительных актов распада нейтронов. При весьма значительном числе моделируемых актов (до миллиона) график калибровочного спектра получался достаточно гладким.

Результаты, полученные после выполнения описанных только что шагов, включающих как предметно-орудийную (эксперимент), так и знаковую (вычисление) деятельность, выступают в качестве фактов, необходимых для решения проблем, выдвинутых теорией. Логическая схема этого решения в общем виде включает два этапа. Первоначальный состоял в дедуктивном получении вариантов a , b , c , t , которые рассматривались как равновероятные. Для простоты каждый из них может оцениваться априори как достоверный¹.

После того как рядом экспериментов было показано, что предсказание, вытекающее из c и t , резко расходится с эмпирически установленным фактом, опровержение («выбраковка») этих вариантов осуществлялось по элементарной схеме modus tollens $x \supset y, y \perp \neg x$, где место x занимают варианты c или t , а место y — описание факта. Следующий этап состоял в решении того, каково соотношение между вариантами a и b , опровержение которых, как впрочем, и подтверждение, не было получено в предыдущих экспериментах. В качестве логической схемы для решения

¹ Термин «априори» понимается здесь не в кантовском смысле, а так, как это обычно принято в теории вероятности и математической теории информации (6, 13).

задач подобного рода может быть применена¹ известная теорема Бейза, которую Харрод справедливо рассматривает как одно из основных предложений индуктивной логики (78). Она заключается в следующем. Пусть имеется некоторое число независимых гипотез $h_1, h_2 \dots$, образующих класс возможных гипотез, объясняющих или предсказывающих определенное событие (в данном случае после «выбраковки» c и t остаются лишь две такие гипотезы — a и b). Пусть вначале мы оцениваем истинность гипотезы h_1 вероятностью P_1 , а истинность гипотезы h_2 — вероятностью P_2 .

Допустим что q_1 является вероятностью того, что некоторое событие e будет иметь место, если верна первая гипотеза, а q_2 — вероятностью того, что e будет иметь место, если верна вторая. Тогда, если e имеет место, вероятность того, что первая гипотеза истинна, будет:

$$\frac{P_1 q_1}{P_1 q_1 + P_2 q_2},$$

а вероятностью того, что истинна вторая гипотеза, —

$$\frac{P_2 q_2}{P_1 q_1 + P_2 q_2}.$$

Если e не имеет места, то вместо q_1 и q_2 в этих выражениях мы подставляем: $(1 - q_1)$ и $(1 - q_2)$. Подстановка в эти формулы на место q_1 и q_2 конкретных статистико-вероятностных значений факта, полученных на базе эксперимента, позволяет вполне точно оценить соотношение гипотез h_1 и h_2 (a и b в нашем примере). Эти же формулы позволяют в соответствующей ситуации и при наличии заранее заданных дефекта истинности и оценки дефекта истинности вполне определенно решить вопрос об опровержении соответствующих гипотез.

Рассмотренные нами логические схемы вывода как раз и образуют тот механизм, в котором осуществляется связь содержания и перенос истинностных значений теоретических и эмпирических предложений науки. Анализ этого механизма показывает и то, каким образом осуществляется установление внешней адекватности и предметной истинности различных предложений науки (варианты c , t , a и b внутренне равноадекватны, так как получены дедуктивным путем из соответствующей теории), и то, каким обра-

¹ Мы говорим «может быть применена» потому, что в практике научного мышления схема «обратной теоремы» Бейза часто применяется бессознательно.

зом осуществляется переход и связь дискретной шкалы истинностных оценок, применяемых в дедуктивной логике, с непрерывной шкалой вероятностных оценок, применяемых в индуктивной, и то, наконец, как эти моменты реализуются в едином процессе функционирования научного знания в ходе взаимодействия теории и факта. Разумеется, что приведенные здесь схемы не являются ни абсолютно полными, ни единственными¹, тем не менее они вполне достаточны для обсуждения поставленных выше проблем.

* * *

Не повторяя того, что уже было ранее сказано, отметим следующее. Логический анализ взаимодействия теории и факта в процессе функционирования научного знания и особенно исследование специфики построения и структуры эмпирического знания со всей очевидностью показывают важность разработки проблем индуктивной логики. Еще в середине 30-х годов Карл Поппер выдвинул тезис о том, что индуктивные способы исследования не относятся к области логики и целиком принадлежат психологии. Теперь совершенно очевидно, что тезис этот не соответствует действительности, и это доказано исследованиями логиков самых различных направлений (82, 72, 78, 98). Несмотря на то что в нашей литературе взгляды неопозитивистов, и в том числе Поппера, подвергались серьезной и основательной критике, в области положительного решения вопроса за последние 45 лет не было получено сколько-нибудь значительных результатов. До сих пор мы не имеем ни одного фундаментального исследования, ни одной монографии в области индуктивной логики, а между тем важность исследования подобного рода вполне очевидна. В данной работе были рассмотрены некоторые узловые проблемы логики эмпирического исследования. Разумеется, соображения, высказанные в ходе их обсуждения, не являются окончательными или бесспорными. Более того, они содержат известный дискуссионный элемент. Однако, если поднятые вопросы будут стимулировать интерес к индуктивной логике и смогут хоть в некоторой степени содействовать ее разработке, одна из целей настоящей работы будет достигнута.

¹ Основательный критический анализ и обзор вероятностных методов исследования дан Г. Рузавиным (45).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общая теория науки, или логика науки, возникла отнюдь не вчера. Уже в XIX в. были созданы не потерявшие значения до сего времени работы Джевонса, Пирса, Брентано и других, которые можно считать значительным вкладом в разработку этой отрасли исследования. Долгое время ученые, работавшие в области логики науки, считали своей главной целью анализ и систематизацию накопленных научных знаний, исследование эффективности научных методов, выявление наиболее продуктивных и логически безупречных научных процедур. Эта важная сама по себе работа все же не выходила за границы логико-гносеологической проблематики, и интерес к ней, хотя непрерывно возрастал, все же оставался привилегией относительно небольшого числа теоретиков и экспериментаторов, занятых в наиболее сложных областях естественных и социальных наук. Конечно, имена Пуанкаре, Эйнштейна, Вернадского, Винера, Вавилова, не раз обращавшихся к проблемам логики науки, служат неплохим аргументом в пользу необходимости ее развития. Однако гораздо существеннее то, что за последние, особенно послевоенные, годы интерес к проблемам логики науки, ее средствам и результатам начинает все в большей и большей степени повышаться в научных кругах. Это в значительной мере объясняется тремя факторами. Во-первых, тем, что математическая логика, сама долгое время бывшая «внутренней» наукой, обслуживающей, так сказать, «интимные» потребности математики, благодаря развитию кибернетики и электроники нашла выход в область техники и инженерной практики. Введение ее в обязательную программу университетов, ряда технических и экономических вузов значительно увеличило интерес к исследованиям, связанным с применением понятийного и технического аппарата логики, а также существенно расширило круг лиц, способных воспринимать результаты таких исследований или участвовать в них. Во-вторых, крайнее усложнение строения современного научного знания, постоянное возникновение новых и стремительный рост старых отраслей науки привели к тому, что понимание необходимости лучшей организации и реорганизации существующих систем знаний перестало быть

достоинием наиболее выдающихся умов, а эффективная организация знания превратилась в насущную потребность научного развития. Этим, по-видимому, и объясняется тот хорошо известный факт, что курсы по философии и логике науки стали непременным образовательным элементом ведущих университетов и высших учебных заведений мира и интерес к ним непрерывно возрастает.

В-третьих, наконец, важно и то, что исследования по логике науки начинают выходить из чисто теоретической стадии и совершают первые шаги в область практического применения. Практическое применение идей и методов логики науки приобретает особую важность в связи с развитием социологии науки и теории организации исследования. Другая область возможного применения логики науки — область исследований по истории науки. Эта дисциплина до сих пор представляет собой совокупность простых эмпирических описаний или, лучше сказать, реестр научных открытий, заблуждений и анекдотов. Для того чтобы история науки превратилась в научную дисциплину, способную от эмпирических описаний перейти к теоретическому объяснению и предвидению ближайшей эволюции науки, необходимо создать особую теорию — теорию истории науки, отвечающую всем требованиям ОТН. О необходимости решения этой задачи уже не раз говорилось. И хотя дело это не простое и не легкое, осуществить его без идей и методов логики науки, по-видимому, невозможно. Уже простой перечень таких проблем, как создание эволюционных словарей по истории науки, описание и определение эффективности научных методов в их генезисе, изучение взаимосвязи эффективности и организации исследования, предполагает широкое применение достижений ОТН.

Можно было бы и далее увеличить список проблем, решение которых предполагает в качестве своей предпосылки развитие логического анализа систем научного знания. Но и сказанного достаточно, чтобы с уверенностью утверждать: расширение исследований в области логики науки, научная пропаганда ее идей и достижений в условиях стремительного развития современной науки из чисто академической проблемы превратилось в одну из актуальных задач нашей научной политики вообще. И советские философы должны постоянно увеличивать свой вклад в решение этой задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К. Маркс и Ф. Энгельс. Немецкая идеология. Соч., т. 3, 1955.
2. Ф. Энгельс. Диалектика природы. К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, 1961.
3. В. И. Ленин. Материализм и эмпириокритицизм. Полн. собр. соч., т. 18, 1961.
4. В. И. Ленин. Философские тетради. Полн. собр. соч., т. 29, 1963.
5. Н. Бор. Атомная физика и человеческое познание. М., 1961.
6. Л. Бриллюен. Наука и теория информации. М., 1960.
7. М. Бунге. Интуиция и наука. М., 1967.
8. Н. Бурбаки. Очерки по истории математики. М., 1963.
9. Н. Н. Бусленко и др. Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло). М., 1962.
10. Л. Витгенштейн. Логико-философский трактат. М., 1958.
11. Е. К. Войшилло. Понятие. М., 1967.
12. Л. С. Выготский. Избранные психологические исследования. М., 1956.
- 12'. А. Гейтинг. Интуиционизм. М., 1965.
13. Б. В. Гнеденко. Курс теории вероятностей. М., 1961.
14. Д. П. Горский. Вопросы абстракции и образование понятий. М., 1961.
15. Д. П. Горский. О видах определений и их значении в науке. Сб. «Проблемы логики научного познания». М., 1964.
16. Ст. Джевонс. Основы науки. Трактат о логике и научном методе. СПб., 1881.
17. А. А. Зиновьев. Философские проблемы многозначной логики. М., 1960.
18. А. А. Зиновьев. Проблема строения науки в логике и диалектике. Сб. «Диалектика и логика. Формы мышления». М., 1962.
19. А. А. Зиновьев и И. И. Ревзин. Логическая модель как средство логического исследования. «Вопросы философии», 1960, № 1.
20. И. Кант. Сочинения, т. 3. М., 1964
21. И. Кант. Логика. Пг., 1915.
22. К. Кааратедори. К аксиоматике специальной те-

ории относительности. Сб. «Развитие современной физики». М., 1964.

23. Б. М. Кедров. Категории марксистской диалектики как методологическая основа статистической науки. М., 1961.

24. Г. Клаус. Введение в формальную логику. М., 1960.

25. П. В. Копинин. Гипотеза и познание действительности. Киев, 1962.

26. П. Лрафарг. Воспоминания о Марксе. В кн.: «Воспоминания о Марксе и Энгельсе». М., Госполитиздат, 1956.

27. Э. Леман. Проверка статистических гипотез. М., 1964

28. Р. Акоф. Общая теория и исследование систем как противоположные концепции науки о системах. В кн. «Общая теория систем». М., 1966.

29. Архимед. Сочинения. М., 1962.

30. В. Ф. Асмус. Проблема интуиции в философии и математике. М., 1965.

31. А. А. Ляпунов. О фундаменте и стиле современной математики. «Математическое просвещение», 1960, № 5.

32. И. С. Нарский. Современный позитивизм. М., 1961

33. И. С. Нарский. Очерки по истории позитивизма. М., 1960.

34. Д. Пойа. Математика и правдоподобные рассуждения. М., 1957.

35. А. Планкаре. Наука и гипотеза. М., 1904.

36. А. И. Ракитов. Соотношение точности и адекватности в формализованных языках. Сб. «Логика и методология науки». М., 1967.

37. А. И. Ракитов. К вопросу о природе эмпирического знания. Сб. «Логическая структура научного знания». М., 1965.

38. А. И. Ракитов. Статистическая интерпретация факта и роль статистических методов в построении эмпирического знания. Сб. «Проблемы логики научного познания». М., 1964.

39. Б. Рассел. Человеческое познание. М., 1957.

40. П. К. Рашевский. Геометрия и ее аксиоматика. «Математическое просвещение», 1960, № 5.

41. Г. Рейхенбах. Направление времени. М., 1962.

42. Л. О. Резников. Гносеологические вопросы семиотики. М., 1964.

43. С. Л. Рубинштейн. О мышлении и путях его исследования. М., 1953.

44. Г. И. Рузавин. К вопросу о соотношении современной формальной логики и логики математической. «Вопросы философии», 1964, № 2.

45. Г. И. Рузавин. Вероятностная логика и ее роль в научном исследовании. Сб. «Проблемы логики научного познания». М., 1964.

46. Г. А. Свечников. Категория причинности в физике. М., 1961.

47. В. А. Смирнов. Одостоянства и ошибках одной логико-философской концепции. Сб. «Философия марксизма и неопозитивизм». М., 1963.

48. А. Н. Соколов. Электронно-графический анализ внутренней речи и проблема нейродинамики мышления. Сб. «Мышление и речь». М., 1963.

49. А. Л. Субботин. Смысл и ценность формализации в логике. Сб. «Философские вопросы формальной логики». М., 1962.
50. А. Л. Субботин. Теория силлогистики в современной формальной логике. М., 1965.
51. А. Тарский. Введение в логику и методологию дедуктивных наук. М., 1948.
52. А. И. Уемов. Основные формы и правила выводов по аналогии. Сб. «Проблемы логики научного познания». М., 1964.
53. Хр. Я. Христов. О возможных связях квантовой теории с опытом. Сб. «Развитие современной физики». М., 1964.
54. А. Черч. Введение в математическую логику. М., 1961.
55. В. С. Швырев. Неопозитивизм и проблемы эмпирического обоснования науки. М., 1966.
56. А. Эйнштейн. Физика и реальность. М., 1965.
57. А. С. Ахманов. Логическое учение Аристотеля. «Ученые записки», т. 24. Труды кафедры философии, вып. второй. М., изд-во МОПИ, 1954.
58. Р. Эшиби. Введение в кибернетику. М., 1959.
59. A. Ayer. Problem of Knowledge, London 1956.
60. A. C. Benjamin. An Introduction to the Philosophy of Science. N.-Y., 1937.
61. L. von Bertalanffy. General System Theory. «Human Biology», vol. p. 23, № 4, 1951.
62. B. Bolzano. Wissenschaftslehre, T. I—4, 1837.
63. R. B. Braithwaite. Scientific Epalantation, N.-Y., 1960.
64. F. Brentano. Versuch über die Erkenntnis, Leipzig, 1925.
65. R. Carnap. Die physikalische Sprache, als Universal-sprache der Wissenschaft, «Erkenntnis», Bd. 2, № 5—6, 1931.
66. R. Carnap. Einführung in die symbolische Logik, Wien, 1960.
67. R. Carnap. Der logische Aufbau der Welt, Wien, 1928.
68. R. Carnap. Über Protokollsätze. «Erkenntnis», 3 Bd, 1932/33.
69. R. Carnap. Die logistische Grundlegung der Mathematik, «Erkenntnis», Bd, 2, 1931.
70. P. Caw's. The Philosophy of Science, Princeton, 1965.
71. M. R. Cohen and Nagel. An Inforduction to the Logic and Scientific Method, London, 1939.
72. P. Day. Inductive Probability, N.-Y., 1961.
73. W. Dubislav. Die Definition, Leipzig, 1931.
74. G. Frege. Über Sinn und Bedeutung Zeitschrift für Philosophie und Philosophische Forschung, 1892, Bd 100.
75. B. Freytag. Logik, ihr System und ihr Verhaltnis zur Logistik, Kohlhammer, 1955.
76. K. Gödel. Über formal und entscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I. Monatshefte für Mathematik und Physic. XXXVIII Bd.; Leipzig, 1931.
77. E. H. Huntington. The Language of Modern Physics, 1956

- 77'. R. Harre. An Introduction to the Logic of Sciences, London, 1960.
78. R. Harro d. Foundations of Inductive Logic, N.-Y., 1957.
79. A. Heyting. Die intuitionistische Grundlegung der Mathematik. «Erkenntnis», Bd 1.2, 1931.
80. Y. Kemeny. A Philosopher Looks at Science, N.-Y., 1959.
81. G. Klaus. Moderne Logik, Berlin, 1964.
82. I. Kotarbinska. The Controversy Deductivism Versus Inductivism, Logic Methodology and Philosophy of Science, Calofornia, 1962.
83. T. Kotarbinski. Praxiological Sentences and how they are Proved. Logic, Methodology and Philosophy of Science, California, 1962.
84. R. Mises. Kleines Lehrbuch des Positivismus, 1939.
85. R. Mises. Wahrheit, Statistik und Wahrscheinlichkeit, Wien, 1951.
86. O. Neurath. Protokollsätze. «Erkenntnis», 3 Bd, 1932/33.
87. C. K. Ogden and I. A. Richards. Meaning of Meaning, 1936.
88. A. Pap. An Introduction to the Philosophy of Science, N.-Y., 1962.
89. K. Popper. Logik der Forschung, Wien, 1935.
90. L. Reiser. An Integgnation of Human Knowledge, Boston, 1958.
91. B. Russell. The Principles of Mathematics, London, 1950.
92. M. Schlick. Über das Fundament der Erkenntnis. «Erkenntnis», Bd 4, Heft 2, 1934.
93. M. Schlick. Allgemeine Erkenntnislehre, Berlin, 1925.
94. M. Schlick. Meaning and Verification. Readings in Philosophical Analysis, 1949.
95. W. Juhos. Über die Definierbarkeit und empirische Anwendung von Dispositionsbegriffen. Kant —Studien, Heft 3, Wien, 1959/60.
96. S t . Toulmin. The Philosophy of Science, London, 1953.
97. M. Wertheimer. Productive Thinking, N.-Y., 1945.
98. G. H. von Wright. A Treatise on Induction and Probability, 1960, N.-Y., Paterson.
99. Wundt. Die Sprache, Leipzig, 1900.