Б. А. ЧОЛАКЯН

ФИЗИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ И ЕЕ ЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

1. В последние десятилетия сложилась тенденция применять математическую логику не только в области математики и техники, но и в области эмпирических и конкретных наук (в физике, лингвистике, юриспруденции, биологии и т. п.). Исследования в таком направлении преследуют цель подвергнуть логическому анализу указанные предметы средствами математической логики, создавая точные языки для этих наук, избегающих двусмысленностей и неточностей их утверждений и уточняющих употребляемые понятия. Такое применение способствует другой функции логики, выступающей в качестве логики науки, которой теперь уделяется особое внимание. Чтобы она действительно превратилась в анализатора современной науки, нужно определить в ней все те понятия, которые разработаны наукой как в области математики, так и естественных наук. Лишь после этого она может приступить к ее «разъяснению». Применение математической логики в указанных целях сопровождается возникновением ряда проблем в самой математической логике, в частности ее применение в эмпирических науках вызвало проблему физической связи.

Проблема физической связи рассматривалась и в прошлом различными авторами в связи с другими проблемами и под другими названиями. В частности, ей уделяли много внимания представители Венского и Берлинского кружков. Но лишь в работах А. Бёркса[1] и А. А. Зиновьева[2] она впервые стала исследоваться на уровне построения и обоснования особого рода логических исчислений. У Бёркса еще рассматривается часть общей проблемы, у Зиновьева она выделена как самостоятельная проблема.

2. Бёркс рассматривает некоторый подкласс физических (точнее эмпирических) высказываний, а именно класс каузальных высказываний. Понимая важность индуктивного аспекта их исследования, он, однако, выделяет дедуктивный аспект и ставит задачу построения аксиоматической системы с правилами оперирования высказываниями такого типа.

Решение задачи осуществляется в два этапа. На первом этапе каузальные высказывания берутся в том виде, в каком они встречаются в языке науки, и с помощью языка математической логики (используется

---

[1] A. W. Burks, The logic of causal propositions, „Mind", V. 60, № 239, 1951; Dispositional statements. „Philosophy of Science", V. 22, № 3, 1955.

[2] А. А. Зиновьев, Логика высказываний и теория вывода, М., 1962; Логическое и физическое следование. Сб. «Проблемы логики научного познания», М., 1964.

язык систем материальной и строгой импликаций) дается некоторое предварительное (исходное) описание их свойств. В результате получается некоторая система утверждений, предопределяющая вид будущей аксиоматической теории каузальных высказываний. На втором этапе строится аксиоматическая система, удовлетворяющая системе утверждений, полученной на первом этапе.

Основной недостаток системы Беркса в том, что в ней на основе «парадоксов» материальной и строгой импликаций возникают «парадоксы» каузальной импликации: «Каузально невозможное высказывание каузально имплицирует любое высказывание», «каузально необходимое высказывание каузально имплицируется любым высказыванием». Кроме того, в силу утверждения «логически необходимое высказывание является каузально необходимым», возникают «вырожденные» случаи, когда каузальные высказывания оказываются истинными из чисто логических соображений.

Класс каузальных высказываний шире, чем класс причинных высказываний, и для последних необходимо вводить ограничения, которые, однако, не выражены в аксиоматической системе. Вопрос о таком ограничении аксиоматической теории каузальных высказываний, который приводил бы к теории причинных высказываний, остается открытым.

3. В работах Зиновьева рассматривается и индуктивный аспект проблемы, т. е. правила построения высказываний о физической связи (или об эмпирической связи). В качестве общей теории дедукции используется логическая система, свободная от «парадоксов» строгой и материальной импликаций. Благодаря этому не возникают «парадоксы» и «вырожденные» случаи физической связи.

Основная идея Зиновьева состоит в том, что высказывания о физической связи получаются из упорядоченных определенным образом совокупностей высказываний, где упомянутая упорядоченность есть отображение упорядоченности событий, отображаемых высказываниями. Ниже мы выскажем ряд соображений, соответствующих концепции Зиновьева.

4. Пусть $>$ есть знак «если, то», а $\rightarrow$ есть знак физической связи. Символ $p \rightarrow q$ будет читаться как «из p физически следует то, что q».

Высказывания о физической связи можно разбить на классы в зависимости от того, каким постулатам они удовлетворяют. В частности мы будем рассматривать высказывания, удовлетворяющие постулатам:

1. $p \cdot (p \rightarrow q) > q$
2. $(p \rightarrow q) > \sim (q \rightarrow p)$
3. $(p \rightarrow q)\,(q \rightarrow r) > (p \rightarrow r)$
4. $\sim ((p \rightarrow q) : (q \rightarrow p))$

Здесь точка означает «и», а две точки исключающее «или». Система постулатов 1—4 представляет собой символическую запись принципов, имеющих силу для эмпирических явлений, процессов, отношений и т. д. Первый постулат обеспечивает однозначность (можно сказать, что им выражается некоторая доля необходимости), второй — необратимость процессов и т. д. Легко видеть, что не все процессы подпадают под эту схему; для различных процессов возможны вариации одного-двух постулатов. Так, существуют процессы, удовлетворяющие всем постулатам, кроме второго, вместо которого имеет силу положение $\sim((p \to q) > \sim(q \to p)$, то есть они могут быть обратимыми; или же процессы, отличающиеся тем, что вместо третьего постулата имеется $(p \to q) \cdot (q \to r) > \sim(p \to r)$ — они не транзитивны и т. д.

Теперь возникает задача — построить некоторую логическую систему для оператора $\to$, определяемого постулатами 1—4, или включить его в некоторую логическую систему.

Возможны два пути решения. Первый путь — построить искомую систему лишь с имеющимися в системе 1—4 свойствами оператора $\to$, не ссылаясь на другие вспомогательные понятия (знак $>$ в таком случае играет второстепенную роль). Здесь правильным было бы вообще использовать лишь знаки $\to$ и $\sim$, аналогично классическому исчислению высказываний, построенному на логических связках $\supset$ и $\sim$. Таким путем получится предметная теория физических высказываний, подобно тому, как это сделано в геометрии, то есть с использованием лишь свойств самой теории, не прибегая к помощи какой-либо другой системы. Такой подход чаще применяется при математическом рассмотрении проблем. Отметим еще, что вернее всего искомая система будет построена не на двух связках $\to$ и $\sim$, как здесь высказано, а на $\to$, $\sim$, $\cdot$, :. Это естественно. Ведь при формулировке постулатов мы прибегали к их помощи и, вообще говоря, между этими связками не всегда могут быть установлены соотношения, позволяющие заменять одну связку другой, в результате чего сократилось бы их число. Аналог с исчислением высказываний здесь имеет иллюстративный характер, и не следует его понимать жестко, в строгом смысле. Исчисление высказываний является искусственной конструкцией, позволяющей довести число независимых логических констант до двух, и не следует этот частный случай (именно таким и является классическая система математической логики) абсолютизировать. Кроме того, имеются попытки построить теории (математику) без знака отрицания (см. работы интуиционистов). Все это говорит в пользу возможности системы $\to$ и $\sim$ и о том, что система $\to$ $\sim$, $\cdot$, : не порождает принципиальных затруднений.

Второй путь — взять некоторую известную логическую систему как базисную и добавить к ней постулаты рассматриваемой теории. Такая программа как-будто старается выявить «мнение» логической теории о постулатах. При этом класс теорем, относящихся к изучаемой теории, определяется как постулатами, так и лежащим в основе исчислением, и может быть изменен изменением как первых, так и второго. Обычно так поступают при формальном рассмотрении какой-либо математической теории и именно таким путем получены различные формальные системы арифметики (элементарная арифметика первого порядка, второго порядка и т. д.). Отметим, что система Беркса тоже получена этим путем. Дело в том, что постулаты математики легко переводятся на язык логических терминов ($\supset$, $\sim$ и т. д.), их язык «понятен» логике, в результате чего добавленные постулаты отличаются от аксиом логической системы лишь буквами, что и позволяет логической системе свободно оперировать ими. Постулаты физических высказываний, записанных на языке $\rightarrow$, $\sim$, $\cdot$, :, остаются чуждыми к базисной логике, что не позволяет логике подчинять их своим правилам. Единственный выход из положения — попытаться перевести знак $\rightarrow$ на язык символов базисной логики. Берксом эта проблема решается принятием положения «А каузально имплицирует В, если и только если каузально необходимо то, что А материально имплицирует В».

5. В логической литературе, в частности в вышеуказанных работах А. А Зиновьева, уже установлено, что существуют два определенных понятия — связь физическая и связь логическая. Под логической связью не подразумевается какое-либо из известных логических исчислений. Все имеющиеся логические системы с большей или меньшей точностью отражают ту или иную сторону логической связи. В этом плане система материальной импликации есть один вариант логической связи, система строгой импликации другой и т. д. Каждая из этих систем имеет свои достоинства и недостатки, смотря по тому, какая цель преследовалась при их построении.

Подобно вариантам логической связи, возможны различные варианты физической связи — символические построения, так или иначе отражающие ее свойства. Ниже будут приведены аргументы в пользу возможности одного варианта, получаемого с точки зрения отношений и с использованием свойств выражения «если, то», которое шире физической и логической связей. Форма «если, то» нечетка в том смысле, что она: наводит на мысль, будто физическая связь всегда включает в себя основание; утверждает не только связь между p и q, но и обращает внимание на их существование; при определенном p и q превращается в высказывание, воспринимаемое как фактуальное; истинность q зависит только от истинности p. Несмотря на эти недостатки, форма «если, то» может быть использована как общая форма, к которой можно привести всевозможные предложения. Рассмотрим соотношения соответственно между логической и физической связями и формой «если, то». Легко видеть, что имеют место следующие положения:

$$(a \vdash b) > (a > b)$$

$$(p \rightarrow q) > (p > q)$$

$$(p > q) > (p \rightarrow q) \vee (p \vdash q)$$

В качестве знака $\vdash$ (логической связи), в частности, могут выступить $\supset$, $\rightarrow$ и т. д. Значит, множество высказываний логической и физической связей отображается во множестве высказываний «если, то», выступающем как некоторая общая среда. Таким образом, между $a \vdash b$ и $p \rightarrow q$ форма «если, то» не устанавливает различий.

Если взять систему Зиновьева в качестве базисной логической системы (a, b, c,... переменные высказывания), переформулировать ее на языке символов >, ~, ·, : и добавить постулаты 1—4, то получим (определив подходящим образом правила вывода) для физических высказываний систему, в которой будут фигурировать знаки —•, >, ~, ·, :.

6. Полученную таким образом систему естественно будет называть исчислением с отношением физической связи, подобно тому, как в логике говорят об исчислении с отношением равенства. Указанный в четвертом пункте первый путь даст предметную теорию, а второй путь метатеорию. В этом смысле второй путь предполагает первый, и второй будет законным лишь после того, как первый выполнен. Роль первого пути заключается в том, что им определяется система постулатов, после чего правомерно уже добавлять их к какой-либо логической системе. При строгом подходе к вопросу именно с такой последовательностью и следует идти к решению, однако мы предполагали первый путь выполненным (нас интересует общий метод и на подробном построении не останавливаемся, что требует конкретного рассмотрения) и обратились ко второму пути. Кроме того, второй путь предпочтителен потому, что именно он является логическим рассмотрением проблемы, которое нас интересует прежде всего.

В полученной системе можно пойти дальше и, при соответственном допущении, заменить знак —• знаком >. Так как любое высказывание со знаком —• имеет свой образ в системе >, то в результате получится однородная относительно знака > система, где индикаторами физических высказываний будут буквы p, q, r...

Общность понятия физической связи в контексте носит лишь словесный характер. Ведь каузальные и остальные связи, являющиеся ее частными случаями, тоже могут определяться той же системой постулатов 1—4. Общность же физической связи дает надежды, что она обладает специфическими свойствами, характерными только для нее. После того, как будут найдены такие свойства, вычеркивая их из системы, получим систему для каузальных или иных высказываний. Этого можно добиться и при переведении знака —• на знаки >, ·, :. Так, при положении (p —• q) = df (p>q) получится система каузальных высказываний (форма «если, то» считается подходящим коррелятом), а при других положениях получатся иные классы высказываний. Например, при (p —• q) = df (p>q) · pq, получится система для каузальных процессов, в которых временное запаздывание между причиной и действием равно нулю. В результате каждого такого представления знака —• получаются различные классы с разным охватом высказываний. Вполне возможно, что именно перевод знака —• на другие может оказаться более результативным для получения различных классов высказываний, чем надежда нахождения дополнительных «характеристических» отношений. К тому же система отношений зависит в какой-то мере от способа перевода и может изменяться смотря по тому, на какую комбинацию знаков >, ·, : переведен знак —•. Если принять (p —• q) = df (p · q), то есть физически связанными считать сосуществующие процессы (или процессы, предметы, существующие в пространстве один возле другого), что предельно расширит класс физических высказываний, то следует в таком случае избавиться от постулатов $(p \to q) > \sim (q \to p)$ и $\sim ((p \to q) : (q \to p))$ ввиду их превр: щения в неверные положения $(p \cdot q) > \sim (q \cdot p)$ и $\sim ((p \cdot q :) : (q \cdot p)$. Это свидетельствует о том, что класс физических высказываний, определяемый системой 1—4, намного уже последнего.

Во всех случаях логическая система физических высказываний будет напоминать математическую форму решения. Так, если $u(x_1, x_2 \ldots x_n, t, C_0, C_1, \ldots C_n)$ есть общее решение некоторого уравнения, которым описывается некоторый класс процессов, то решение конкретного процесса, не зависящего от некоторых x_i или t, получится из u приравниванием к нулю коэффициентов при x или t.

На этом принципе должно строиться наше решение. Ведь именно в компактности и общности одно из достоинств математико-логических решений.