

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАУЧНОГО ОТКРЫТИЯ

А. Н. ВЯЛЬЦЕВ

В настоящее время работы по истории естествознания достигли такого уровня, на котором точность и строгость понятийного и соответственно языкового (терминологического) аппарата, используемого в них, приобретает первостепенное значение. Прежде всего это касается основных категорий истории науки — понятий *открытия* и *предсказания*, а также представления о *трудности* научных задач и *строгости* их решений. В литературе эти слова употребляются пока без должной однозначности. Например, под открытием в одном случае понимают туманную, едва осознанную констатацию нового факта, в другом — совершенно ясную, четкую и определенную; один историк ограничивает открытие рамками эмпирии, другой стремится включить в него и в той или иной мере развернутое теоретическое толкование; некоторые авторы считают необходимым искать день и час открытия, другие, напротив, смотрят на открытие как на процесс, продолжавшийся иногда в течение нескольких лет. Суть дела при этом, конечно, не в том, что кто-то прав, а кто-то ошибается, но в широте и многомерности самого явления открытия как факта исторической действительности. Эти особенности реального процесса познания и должны быть учтены при разработке понятийного аппарата истории науки.

Именно отсутствием такого аппарата объясняется в первую очередь большая часть бесплодных дискуссий о приоритете. Как правило, спорящим сторонам известны все относящиеся к теме работы, но один из участников дискуссии называет открытием то, что другой называет подготовкой открытия и относит к его предыстории, а третий — то, что другие называют подтверждением и относят к истории последствий. В таком отношении находятся, например, работы Д. Ньюлендса, Д. И. Менделеева и Н. Бора по периодическому закону химических элементов. Историки науки нередко напоминают комментаторов произведений живописи, пытающихся выразить пеструю гамму цветов с помощью двух терминов — «светлое» и «темное». Неудивительно, что их пререкания не приводят к согласию.

Каких размеров достигает иногда разногласия, царящая при определении автора и даты открытия, показывают суждения, высказанные в разное время об открытии электрона: В. Кауфман приписал это открытие П. Зеemannу и Г. Лоренцу, В. Нернст — Э. Вихерту (последнее представление принял наш историк химии Г. В. Быков), большинство же историков отдало честь этого открытия Д.-Д. Томсону, не соглашаясь, однако, друг с другом, в какой из его многочисленных работ оно содержится; Н. Бор включил в число первооткрывателей электрона Ф. Ленарда, а Э. Резерфорд с коллегами — В. Кауфмана; во времени спорный диапазон простирается с 1894 по 1899 год.

Задача современного историка науки заключается, надо полагать, не в том, чтобы облюбовать себе одно из перечисленных мнений об открытии электрона или выискивать новое, но в том, чтобы понять и оценить их все; а это не может быть сделано без помощи дифференцированного определения самого понятия открытия.

Наиболее перспективным методом решения этой задачи является, на мой взгляд, метод прецедентов. Суть его в следующем. Берется тот или иной массив исторического материала, в нем вычленяются наиболее яркие факты и с каждым из них связывается определенный историко-научный термин. Последний при этом играет роль ярлыка, поэтому главное требование к нему — быть удобным. В дальнейшем избранные факты служат эталонами, изучение других фактов приобретает сравнительный характер. При необходимости первоначальный набор терминов пополняется или уточняется. Когда мы пользуемся так определенной терминологией, наши слова приобретают содержательный характер. Спора о словах не возникает. Если обнаруживается разное понимание того или иного исторического факта, приходится обращаться к изучению архивов. Такие споры, следовательно, не только не мешают прогрессу, но стимулируют его.

Метод прецедентов был применен мною при дифференцированном определении открытия и предсказания, а также при построении шкалы трудностей научных задач, сложности и строгости их решений на данных из истории учения о радиоактивности и ядерной физики и из истории молекулярно-кинетической теории газа. Открытия оказалось целесообразно характеризовать в полюсах таких дихотомий, как прямое — косвенное, единоличное — коллективное, эмпирическое — предсказанное, шаткое — надежное, агриорное — апостериорное, смутное — четкое, неопределенное — определенное и т. п. Существенно, что эти определения разветвляются в нескольких плоскостях-признаках, т. е. приведенный перечень терминов иллюстрирует упомянутую выше многомерность дифференцированных определений. Заполнение диапазонов, выяснение их «тонкой структуры» — дело будущего. В случае предсказаний на первый план выступает степень обоснованности (основательности, научности) суждения. Эта степень может изменяться в чрезвычайно широких пределах, от совершенно произвольных (и поэтому не имеющих, строго говоря, научного значения) высказываний до строгих выводов из надежных теорий типа того вывода, который сделали У. Леверье и Д. Адамс о планете, открытой И. Галле. В современной физике с ее высоким уровнем математизации возникло предсказание еще более высокого ранга категоричности — предсказание-предписание. Таким было, например, сделанное М. Планком предсказание фотонов. На другом конце шкалы предсказаний пришлось поместить невыраженное предчувствие. Примером его может служить предсказание дейтерия, содержащееся в гипотезе В. Праута о водородном составе атомов всех веществ.

Шкалу трудностей научных задач целесообразно строить, начиная с нижнего, простого конца. При этом вычленяется род задач, которые в свое время не были решены, хотя их решение не составляло большого труда, — появляется понятие упущения. В качестве критерия трудности физической задачи естественно принять ее математический характер и, следовательно, требование количественного решения. Именно таким решением старой задачи о давлении газа как совокупности молекул Д. Джоуль положил начало молекулярно-кинетической теории вещества. Понятие трудности задачи в математике прозрачным образом связано с временем, потребным для ее решения, как это особенно убедительно показывает пример задач П. Ферма и Д. Гильберта. Шкалу сложности и строгости решений удобно строить на основе разных выводов одной и той же формулы. Когда в работе участвуют первоклассные ученые, мы можем уверенно предполагать, что каждый более поздний вывод является более строгим, чем все предыдущие. В такой последовательности находятся, например, выводы формулы для давления газа, данные самим Джоулем, а также Р. Клаузиусом и Д. Максвеллом.

Я полагаю, что уже настало время для выдвижения перечисленных вопросов как дискуссионных на первый план. Выслушаны должны быть

разные мнения, испробованы разные подходы. Классификации, составленные на основе одного исторического материала, должны быть проверены на основе другого, причем как из той же научной дисциплины, так и из других дисциплин. Историки науки должны вырабатывать свой специфический, необходимый им для работы язык.

Как почин для дискуссии в последующих строках мы рассмотрим дифференцированное определение открытия по ряду признаков. Основным источником фактического материала будет при этом служить моя недавно вышедшая книга «Открытие элементарных частиц. Электрон. Фотоны» (М.: Наука, 1981). В ней читатель найдет как изложение того же материала в более широком плане, так и все необходимые ссылки на оригинальную литературу. Здесь поэтому я ограничусь ссылками на страницы этой книги (они указаны в квадратных скобках).

Наиболее содержательна в нашем источнике классификация открытий по степени *определенности, непосредственности, общности и коллективности*. Примерно тот же набор признаков выступает на передний план и при абстрактном обсуждении проблемы открытия. В самом деле, открыть — значит увидеть нечто новое, но новое можно увидеть и совершенно явственно, и через дымку неопределенности; его можно открыть непосредственно, «пощупав» его руками, но о существовании его можно заключить и с помощью ряда промежуточных предположений; новый объект может быть зафиксирован как в одном единственном экземпляре, так и во многих, как в одном месте, так и в разных местах и т. п.; наконец, открытие можно сделать единолично, но его можно сделать и в коллективе, причем в широком смысле этого слова, т. е. в условиях, когда один исследователь заметит одну черту нового, другой — другую, а третий даст замеченному правильное объяснение. Конечно, перечень разных признаков открытия можно было бы продолжить, но основные его параметры, по-видимому, охвачены сказанным.

### **Признак первый: степень определенности**

В последней четверти XIX в. в физике газового разряда актуально звучал вопрос об электрических свойствах катодных лучей: заряжены ли катодные лучи подобно потоку ионов или нейтральны подобно, например, световому лучу? Было известно, что катодные лучи отклоняются под действием магнитного поля как поток ионов; но ведь магнитное поле действует и на световой луч, вращая плоскость его поляризации. Опыты Г. Герца, поставленные с целью заметить отклонение катодных лучей в электрическом поле и накопление электрического заряда на мишени, облучаемой катодными лучами, привели к выводу об электрической нейтральности катодных лучей, но этот вывод, как любое единичное и тем более негативное заключение, не решил проблему, а лишь увеличил состояние неопределенности. На фоне этой неопределенности историки впоследствии выделили три факта.

В 1879 г. В. Крукс наблюдал уменьшение размера тени от предметов, поставленных на пути катодных лучей, когда эти предметы имели положительный заряд, и увеличение размера тени при отрицательном заряде и указал, что оба эффекта получают объяснение, если катодным лучам приписать отрицательный заряд; в 1880 г. Э. Гольдштейн, экспериментируя с трубками, имевшими два катода, заметил, что катодные лучи, выходящие из одного катода, отклоняются от прямолинейного пути, когда проходят мимо второго, т. е. ведут себя так, как будто между ними и катодом существует электрическое взаимодействие; в 1894 г. Ф. Ленард, повторив в новых условиях упомянутые опыты Герца, получил уже положительные результаты как в отношении зарядки мишени (положительно заряженная мишень теряла свой потенциал под действием катодных лучей быстрее отрицательно заряженной), так и в отношении искривления катодного луча в электрическом поле [с. 43].

В свете последующего знания с каждым из этих трех событий стало возможным связать наблюдение эффектов, обусловленных электрической заряженностью катодных лучей, и, следовательно, открытие этого их свойства. Но в свое время ни одно из них не было воспринято научной общественностью таким образом, а в двух последних случаях не убедило и самих наблюдателей. Историк науки должен, очевидно, учитывать и вероятное объективное содержание опытов, и реакцию на них научной общественности. В данном случае, на мой взгляд, разумно признать реальность наблюдения различных проявлений обсуждаемого свойства, но считать наблюдение недостаточно определенным, а потому и недостаточно убедительным, не делающим погоды в науке. За таким открытием мы закрепим термин *смутное*<sup>1</sup>. Смысл его станет яснее, если увязать его с понятием *четкого* открытия электрических свойств катодных лучей, каковое мы приписываем Ж. Перрену: в 1895 г. Перрен показал, что катодные лучи, попадая в цилиндр Фарадея, заряжают его отрицательно.

Наше суждение о характере открытия во многом зависит от формы сообщения о нем. Как правило, читатели научных журналов не имеют возможности немедленно воспроизводить те опыты, в которых было сделано интересующее их открытие; они верят автору на слово, особенно когда автор уже зарекомендовал себя как серьезный ученый. И значит, отношение научного сообщества к новому открытию определяется прежде всего отношением к нему самого первооткрывателя. В согласии с этим представлением, о смутности открытий в приведенных примерах позволяет догадываться уже тот факт, что Крукс сообщил о своем наблюдении мимоходом среди множества других сообщений, Гольдштейн к тому же сделал это лишь в отдельном малоизвестном издании, а Ленард вообще не сделал своевременного сообщения<sup>2</sup>. Напротив, сообщение Перрена было четким, посвященным только данной теме, и сделано оно было своевременно в авторитетном и распространенном журнале.

Важную роль формы сообщения хорошо иллюстрируют факты из истории открытия галактических антипротонов. Доказательство существования этих элементарных частиц впервые получила в 1979 г. группа советских астрофизиков (Э. А. Богомолов и другие). Но сообщение об этом она сделала только на конференции, причем в докладе, посвященном обзору многолетних трудов, т. е. сообщение о данном открытии утонуло среди массы других фактов. Поэтому оно прошло совершенно незамеченным. Немного позже аналогичный результат получила группа американских астрофизиков (Р. Голден и другие). Она сделала о нем отдельное четкое сообщение в распространенном журнале. И тем привлекла к нему всеобщее внимание. Возникла даже нездоровая сенсация. Членам советской группы пришлось неоднократно выступать в газетах и научно-популярных журналах с указанием на свой приоритет в открытии галактических антипротонов.

Работу ученого иногда сравнивают с путешествием по неизвестной стране. Мы могли бы добавить: по стране, где обычно господствуют туманы. Поэтому новое вначале представляется путнику нечетким, расплывчатым. Нарочитая расплывчатость наблюдаемой картины может быть обусловлена как большой густотой тумана, так и несовершенством зрения.

<sup>1</sup> Термин «неопределенное», который здесь напрашивается, был введен мною ранее для характеристики открытий по другому признаку — по характеру информации о сделанном открытии, причем в качестве эталона неопределенного открытия было выбрано сообщение об открытии актиния-Х, сделанное Ф. Гизелем в 1904 г.

<sup>2</sup> Вместе с тем сообщения Крукса и Гольдштейна и позднейшее признание Ленарда достаточно определены, чтобы не вызывать сомнений в том, что были сделаны именно смутные открытия. То есть это — определенно смутные открытия («определенно неопределенные»). О неопределенном открытии, по нашей терминологии, очевидно, нельзя судить, четкое оно или смутное.

Из сказанного следует, что в основе классификации открытий в понятиях смутное — четкое, или по степени определенности, лежит мера, в какой сам ученый осознает содержание и научное значение сделанного им открытия. О смутном открытии можно сказать, что оно скорее нащупано, чем сделано, или, иначе, что сделавший его ученый лишь коснулся нового, но не овладел им. Если четкое открытие — шаг вперед, то смутное — полшага. Судить о том, что имело место смутное открытие, мы можем, конечно, только с высоты и в свете последующего знания; понять смутное открытие как открытие — значило бы сделать его четким. Авторы смутных открытий склонны впоследствии не замечать этого их свойства и тем создают почву для приоритетных споров. Важнейшее значение при последующем понимании таких споров имеет детальное изучение первоначальных публикаций. Во внимание должны приниматься все нюансы, вплоть до грамматических конструкций фраз и синтаксиса. Понятие смутного открытия уже само по себе является частичным решением приоритетной проблемы. Датировать приобретение нового знания, как правило, следует временем четких открытий. Мы следуем этому правилу, когда говорим, что наличие электрического заряда у катодных лучей было установлено в 1895 г. Перреном и год спустя подтверждено Томсоном.

Рассмотренная особенность процесса познания с особенной силой проявляется в нарождающихся научных дисциплинах. Поэтому труды историков науки, затраченные на классификацию открытий по степени определенности, по-видимому, не пропадут даром. Цель этих трудов можно видеть в уточнении спектра определений, в заполнении интервала «смутное — четкое» четко определенными «линиями», т. е. понятиями, связанными с конкретными, ясно очерченными фактами истории науки. Найти такие факты — первое, что надо сделать на пути к этой цели.

### Признак второй: степень непосредственности

Известно, что электроны входят в состав атомов, где они подвержены действию внешних полей и совершают переходы, следствием которых становятся спектральные линии. Поэтому, изучая изменение спектральных линий, происходящее под влиянием, например, магнитного поля, можно, вообще говоря, составить некоторое представление о свойствах электрона. Но такое заключение об электроне по праву надо будет назвать *косвенным*. Известно также, что катодный луч есть поток электронов. Воздействуя на него электрическим и магнитным полями, изучая его тепловое действие и иные свойства, тоже можно составить некоторое представление о свойствах электрона. Это суждение также будет косвенным, но степень его косвенности несравнимо меньше, чем в предыдущем случае. Поэтому условно такое суждение мы назовем *прямым*.

Обе возможности проведенного рассуждения реализовались в истории открытия электрона. Еще в 1880 г. Г. Лоренц построил теорию дисперсии света, предполагая существование в атомах легчайших заряженных частиц, взаимодействие которых с электрическим и магнитным полями световой волны и обуславливает преломление светового луча на границе сред разной плотности; поэтому когда П. Зеeman в 1896 г. открыл действие магнитного поля на линии спектра, он применил представления теории Лоренца для объяснения нового эффекта («эффекта Зеemана»). Совместно Лоренц и Зеeman довели исследование этого эффекта до определения удельного заряда гипотетической атомной частицы. Эта величина оказалась на три порядка больше удельного заряда электролитических ионов [с. 40]. Начало изучения катодных лучей также восходит к 70-м годам XIX в., но только в 1897 г. Э. Вихерт, определив величину отклонения катодного пучка в магнитном поле и вычислив ско-

рость распространения катодных лучей из результатов измерений ее методом колеблющегося магнитного поля, получил для удельного заряда гипотетической катодной частицы величину, на три порядка превышающую удельные заряды электролитических ионов [с. 53]. Обе констатации означали открытие электрона, но если первую, в согласии с ранее сказанным, мы назовем косвенным открытием, то вторую — прямым.

Сообщения Зеемана и Вихерта о полученных ими значениях удельного заряда гипотетических частиц разделены во времени менее чем одним месяцем. Однако сделаны они в разные годы. Это случайное обстоятельство позволяет с большим удобством подчеркнуть различие между косвенным и прямым открытиями, что мы и делаем, когда говорим: косвенно электрон открыт в 1896 г., прямо — в 1897 г.

Очевидной причиной различия между двумя названными открытиями электрона по степени непосредственности является разная мера доступности электрона как объекта исследования: в катодном луче электроны почти зримы (все же светятся, конечно, не они, а возбужденные ими атомы газа), в теле они глубоко замаскированы. Той же мерой доступности, как в катодном луче, электроны обладают в фотоэлектрическом токе, в эффекте Эдисона, в излучении радиоактивных тел и т. п. И этим, несомненно, прежде всего объясняется тот факт, что во всех этих излучениях электроны были обнаружены в течение ближайших трех лет, следовавших за их открытием в катодных лучах [с. 65]. Казалось бы, по той же причине открытие электрона в излучениях, т. е. прямое открытие, должно было произойти раньше, чем в атомах. По-видимому, именно так и случилось бы в действительности, если бы естественная последовательность событий не была нарушена вклинившимся в нее открытием эффекта Зеемана. Этот эффект позволил «зачерпнуть» знания из самих глубин атома, среди них оказались и сведения об электроне. Без помощи этого эффекта открытие атомных электронов, судя по всему, совершилось бы значительно позже, во всяком случае, после прямого открытия электрона. По степени доступности атомные электроны близки к электронам, образующим электрический ток в металлах; реальность же этих последних была доказана лишь 20 лет спустя (Р. Толмен, Т. Стюарт, 1916).

Поскольку токовые электроны металла свободны, тогда как атомные электроны связаны, намечается возможность определить открытия электрона, как катодной, токовой и атомной частиц, соответственно как прямое, полупрямое или полукосвенное и косвенное. Во всяком случае, чем больше от нас скрыт объект исследования, тем выше степень косвенности его открытия.

Пожалуй, нигде не пройдено столько ступеней косвенности, как в истории открытия химических элементов. Первоначально открытие элемента не мыслилось иначе, как только прямым способом, т. е. выделением его в макроскопическом количестве, взвешиванием и т. п. С разработкой спектрального анализа стало возможным открывать элементы, имеющиеся в микроскопических количествах. Первыми таким, уже косвенным, способом были открыты цезий и рубидий (Р. Бунзен и Г. Кирхгоф, 1860). В конце XIX в. в процессе изучения радиоактивности получил права гражданства метод открытия радиоактивных элементов по их излучению. Этот метод не требовал наличия вещества даже в том его количестве, которое необходимо для проведения спектрального анализа. В этом смысле радиоактивный метод открытий был в еще большей мере косвенным, чем спектральный. Первым в ряду элементов, открытых радиоактивным методом, стоит полоний (М. и П. Кюри, 1898). Предел на этом пути был достигнут в последние годы в процессе синтеза трансурановых элементов, когда о существовании того или иного изотопа заключали по данным об одном-двух атомах. Так, например, был открыт изотоп  $^{260}_{104}$  (И. Звара и др., 1966).

Вместе со спектральным анализом в физику вошла косвенность открытия еще по одному признаку — по расстоянию до объекта. Применимость этого метода, по существу, не зависит от того, находится объект в пределах нашей непосредственной досягаемости или удален от нас. В полной мере это дало о себе знать, когда был открыт гелий на Солнце (Ж. Жансен, Н. Локьер, 1868). Данное открытие по праву можно назвать дважды косвенным. Косвенность, обусловленная расстоянием, была снята, когда произошло открытие гелия на Земле (В. Рамзай, начало 1895 г.). В этом последнем открытии образец с гелием можно было держать в руках, но метод его анализа по-прежнему оставался спектральным, т. е. о новом элементе заключали по положению линий спектра. Снятие и этой косвенности и превращение открытия в прямое последовало после измерения плотности нового газа (В. Рамзай, середина 1895 г.). Таким образом, открытие гелия прошло через три ступени косвенности, и тот факт, что первой из них было не прямое открытие, вновь напоминает о многообразии причин, определяющих развитие науки.

В физике элементарных частиц главный рубеж между прямым и косвенным проходит между заряженным и нейтральным. Это объясняется тем фактом, что все измерительные приборы: камеры, счетчики, установки с фотоэмульсией и т. д. — непосредственно регистрируют только заряженные частицы. О нейтральных судят по их воздействию на заряженные, сами по себе они в полном смысле слова невидимки. Казалось бы, поэтому открытие заряженных элементарных частиц должно было предшествовать открытию нейтральных. В известном смысле это ожидание оправдывается: например, из четырех основных типов элементарных частиц, среди которых две — протон и электрон — заряженные и две — нейтрон и фотон — нейтральные, вначале была открыта первая пара. Однако скрытый характер открытия протона как электролитического иона водорода (Г. Стони, 1881), с одной стороны, и быстрое следование открытия фотона (М. Планк, 1900) за открытием электрона — с другой, делают эту последовательность в значительной мере формальной. Другими словами, процесс открытия элементарных частиц обуславливался не только степенью наблюдаемости. Показательна в этом отношении судьба нейтрона и позитрона: оба они — и нейтральный нейтрон и заряженный позитрон — были открыты в одном и том же 1932 г. (соответственно Д. Чадвиком и К. Андерсоном), причем открытие нейтральной частицы произошло даже на полгода раньше. Аналогичные нарушения естественной последовательности открытий имели место и в последующем. Достаточно сказать, что последней в списке сравнительно устойчивых частиц была открыта заряженная,  $\Omega^-$ -гиперон (В. Бэрнес и др., 1964). Последний факт тем значимее, что открытие одной из нейтральных частиц,  $\pi^0$ -мезона носило дважды косвенный характер: о существовании нейтрального мезона заключили по наблюдению электрон-позитронных пар, которые, по предположению, были рождены фотонами, которые, по предположению, в свою очередь образовались при распаде нейтрального мезона.

Заключения о нейтральных частицах строятся по данным о заряженных с помощью законов сохранения. Эти законы, таким образом, — истинные носители идеи косвенности, мостки между видимым и невидимым. В предыдущих примерах аналогичную роль играло однозначное соответствие между спектральными и радиоактивными свойствами вещества, с одной стороны, и остальными его физическими, а также химическими свойствами — с другой. Во всех случаях «мостки» укреплялись постепенно. Еще в середине прошлого века не было твердой уверенности в сохранении даже такой величины, как энергия; уверенность в эффективности спектрального анализа пришла только во второй половине прошлого века, а радиоактивный метод получил применение лишь в его конце. Ныне все заключения, делаемые с их помощью, практически уже

утратили гипотетический характер. Косвенное знание оказалось не менее надежным, чем прямое. Если бы не эта особенность процесса познания, науки в современном смысле этого понятия не существовало бы, человек был бы обречен довольствоваться опытами грубой эмпирии. По существу, именно на этой почве поскользнулся О. Конт и продолжает скользить нынешний обыватель, когда он не верит, что планету и атом можно взвесить не менее надежно, чем, например, буханку хлеба.

Открытие корпускулярно-волнового дуализма материи (Л. де Бройль, 1923) обогатило категорию косвенности новым содержанием. Например, фотон как таковой не только никем еще не наблюдался, но и, согласно принципу дополнительности, не подлежит наблюдению. Наблюдать можно лишь его отдельные аспекты. Значит, открытие фотона, равно как и всех других микротел, по необходимости было и навсегда останется принципиально косвенным. Если ранее косвенность появлялась как временное качество или по крайней мере можно было надеяться впоследствии как-либо ее преодолеть, то теперь она признана неустранимой; если ранее косвенное знание лишь расширяло ареал науки, то теперь оно грозит превратиться в преобладающее и главное, в знание, лишь малая часть которого — область прямых констатаций. Кроме того, признав ненаблюдаемость объекта исследования в целом, можно пойти дальше и признать ненаблюдаемость и отдельных аспектов объекта. Нечто подобное мы видим в представлении о таких микрообъектах, как кварки и глюоны, если допустить несуществование их в свободном виде. При таком условии, это — лишь потенциальные материальные тела, реально они не существуют, хотя, по предположению, образуют реально существующие элементарные частицы. В настоящее время судьба таких понятий еще неясна. Но уже можно заметить, что, возможно, только с их помощью удастся оборвать цепочку «матрешек», уводящую мысль в «дурную» бесконечность, ибо говорить о внутренней структуре реально не существующего, по-видимому, беспредметно. Мысль современного физика смыкается в этой области с догадкой Эпикура, который строил атомы из не существующих в свободном состоянии «наименьших», подтверждая тем самым тезис о преемственности через века между античной натурфилософией и современным естествознанием.

От псевдотел типа кварков и глюонов до вещей, которые можно ощупать, — таков диапазон объектов современного естествознания, когда мы классифицируем их по степени непосредственности открытия.

### **Признак третий: степень общности**

Зееман и Лоренц открыли электрон в ипостаси атомной частицы. После их открытия, как и до, нельзя было сказать что-либо определенное о природе тока в металлах, катодных лучей и т. п., даже принимая корпускулярную гипотезу этих явлений. Вихерт открыл электрон в ипостаси катодной частицы. Эта частица могла происходить как из вещества катода, так и из остаточного газа разрядной трубки. Поскольку Вихерт экспериментировал с одной-единственной трубкой, осталось неясным, что дадут опыты с другими трубками. Такие опыты с трубками, наполненными разными газами, поставил Томсон. Во всех случаях он получил для удельного заряда катодных частиц приблизительно одинаковые значения [с. 56]. Так как выбор наполнителей трубок в его опытах был случайным, то не было оснований сомневаться в том, что измерение с любым другим газом даст тот же результат. Но каковы будут результаты измерений с катодами из разных материалов? Опыты с разными катодами (и разными наполнителями) осуществил В. Кауфман. Для удельного заряда получились близкие друг другу значения [с. 51]. Фактом стало открытие общей катодной частицы. При этом вопрос о природе

фототока, излучения Эдисона, лучей Ленарда и т. п. по-прежнему оставался открытым. По мере того как изучение этих последних явлений, одного за другим, приводило к тому же значению удельного заряда, открытие электрона все более приобретало характер открытия универсальной частицы [с. 74].

Если мы внимательнее всмотримся в наше представление об электро-не, то заметим, что оно содержит в себе не только признак существенно-го отличия от ионов по массе, но и признак универсальности. Каждому виду вещества свойствен свой ион, но один и тот же электрон свойствен всем видам вещества. Ныне это представление является обычным и кажется почти самоочевидным, но в конце XIX в. оно еще не было таковым. Убедительно говорит об этом инцидент с упомянутыми опытами Кауфмана. Опыты, как было сказано, дали ряд одинаковых результатов. Поскольку газы и металлы в трубках были разными, каждый с характерными для него ионами, Кауфман сделал вывод о недостаточности корпускулярной гипотезы катодных лучей. Он, следовательно, не допускал мысли о существовании универсальной частицы. Укрепление этой мысли было немаловажным достижением науки. Вместе с тем сама эта мысль в конце XIX в. не была новой, мы находим ее, например, в гипотезе Праута, высказанной уже в начале того же века. Вообще, работу экспериментатора сопровождает, как правило, избыток идей, и отчасти именно из-за их изобилия бывает нелегко понять, какая из них реализуется в данном конкретном опыте.

Идея универсальности электрона еще нет в работе Зеемана, где речь идет об атомной частице; ее нет также в работе Вихерта, где речь идет о катодной частице; впервые она появляется в работе Томсона благодаря сочетанию в ней собственных результатов автора, полученных при исследовании катодных лучей, с результатами, полученными при исследовании эффекта Зеемана. Эту работу Томсон опубликовал в апреле 1897 г.

За отождествлением атомной и катодной частиц последовало их отождествление с фотоэлектрической частицей, с термоэлектронной частицей, с бета-частицей и т. д. Спустя несколько десятилетий электроны были открыты в ипостаси частиц, формирующихся из электромагнитной энергии (из фотонов), и частиц, рождающихся при распаде более тяжелых элементарных частиц. Не исключено, что будущее принесет открытие новых ипостасей электрона. Ничто в материальном мире не может соперничать с электроном по вездесущности, на нем полнее, чем на любом другом реальном «кирпичике» материи оправдываются слова И. Ньютона о природе, которая не роскошествует причинами.

В современное представление об электро-не входит еще одна важная деталь — идея заряда, равного по модулю заряду протона и всех других заряженных элементарных частиц, короче, идея элементарного заряда. В настоящее время элементарный заряд — существенный признак элементарности заряженных частиц. Это заставляет связывать открытие электрона как элементарной частицы с определением его заряда. Определению заряда электрона предшествовало определение заряда ионов (Д. Таунсенд, Томсон, 1898), поэтому оно носило сравнительный характер, т. е., по существу, было констатировано совпадение величины электронного заряда с обращенной величиной протонного заряда. Такое измерение произвел Томсон в 1899 г.

Другое общее свойство и признак элементарности электрона — спин. Из четырех основных «кирпичей» мира три — электрон, протон и нейтрон — имеют спин, равный  $\hbar/2$  (половинный), а четвертый, фотон —  $\hbar$  (единичный). Обстоятельства выяснения спина электрона, однако, исключают возможность включения их в рамки истории открытия электрона. Во-первых, понятие спина появилось уже после завершения процесса формирования понятия электрона, во-вторых, определение спина элект-

рона было вместе с тем определением самого понятия спина (В. Паули, 1924). Затем были определены спины протона (Д. Деннисон, 1927), фотона (Ч. Раман и С. Бхагавантам, 1931) и нейтрона (Ю. Швингер, 1937). Подобно тому как определение элементарности по заряду было элементом истории электрона, определение элементарности по спину стало элементом истории нейтрона.

Понятие общего — общее понятие науки. Во всем современном естествознании нет ни одного положения, которое было бы применимо и работало только в одном-единственном конкретном случае. Общность такого рода — существенный момент самого определения науки. Она цементирует наши знания о природе, делает их единым знанием. Поэтому обобщение — непрерывный этап познания, приходящий на смену оригинального открытия или введения нового понятия. Однажды начавшись, процесс обобщения, вообще говоря, никогда не кончается; его формула — монотонная функция времени. Это, однако, не лишает нас возможности различать в нем разные этапы и выделять узловые точки. Необходимо лишь подвергать исторический материал достаточно детальному анализу. В согласии со сказанным выше, в истории открытия электрона первые две узловые точки целесообразно связать с работами Томсона 1897 г. (открытие электрона как универсальной частицы) и 1899 г. (открытие электрона как элементарной частицы).

В заключение раздела заметим, что упомянутые работы Вихерта, Томсона и Кауфмана были посвящены одной и той же теме — изучению катодных лучей, в частности измерению удельного заряда катодных частиц; но, как уже отмечалось, они существенно различались по основательности: Вихерт произвел измерения с одной трубкой, Томсон — с трубками, наполненными разными газами, Кауфман — с трубками, наполненными разными газами и снабженными разными катодами. Поэтому Вихерт мог лишь констатировать отклонение величины удельного заряда от электролитических значений, Томсон, кроме того, сравнить величины удельного заряда для разных газов, а Кауфман, в дополнение ко всему этому, — и для разных катодов. Учитывая различие опытов по основательности, мы говорим, что результат Вихерта был *шатким*, результат Томсона *надежным*, а результат Кауфмана — еще *более надежным*.

#### **Признак четвертый: степень коллективности**

Каждый ученый стоит на «плечах» своих предшественников, в его работе всегда присутствует плод их трудов. Эта прописная истина не избавляет нас, однако, от необходимости различать среди предшественников важных и второстепенных, далеких и близких, общих и частных. Те из них, с которыми данный ученый в процессе работы находился в тесном духовном контакте и испытывал их несомненное влияние, должны быть выделены в особую группу, а при определенных обстоятельствах — и рассматриваться как его соавторы.

Выводы о существовании уникальной катодной частицы Вихерт и Томсон построили на результатах не только своих опытов, но и некоторых ранних работ Ф. Ленарда. Последнему удалось вывести катодные лучи из газоразрядной трубки через тонкие металлические «окна». Изучая выведенные лучи, он, среди прочего, установил, что их прохождение через вещество зависит только от плотности вещества, но не от его химической природы и агрегатного состояния [с. 59]. Отсюда можно было сделать вывод о лучах Ленарда как об агенте субатомной природы. Именно такой вывод и сделали названные ученые и подкрепили его результатами своих измерений удельного заряда катодных частиц [с. 60].

Апелляция Вихерта и Томсона к работе Ленарда, на мой взгляд, удовлетворяет данному выше определению сотрудничества. Во всяком случае, есть основания считать Ленарда соавтором Вихерта и Томсона в их открытиях электрона и соответственно рассматривать эти открытия как деяния *коллективные*. Открытие электрона тем самым становится процессом, продолжавшимся в течение 1894—1897 гг.

Работе Ленарда в свою очередь предшествовали исследования, которые так или иначе повлияли на нее, например исследования с катодными лучами, проведенные А. Шустером в 1890 г., но они не имели столь же прямого отношения к открытию электрона, как результаты, полученные Ленардом, в их истолковании Вихертом и Томсоном. Это позволяет обрывать перед работой Ленарда непрерывный в своей сущности процесс познания и считать нижнюю дату открытия электрона достаточно четкой. Что касается исследований с электроном, последовавших за работами Вихерта и Томсона, то они по всем признакам относятся к последствиям этого открытия. Таким образом, и верхняя дата открытия определяется вполне четко. Напомним, что речь при этом идет об электроне как универсальной частице.

Коллективный характер открытия, и вообще научной работы, не вызывает сомнений, когда опубликованная с изложением результатов работы статья подписана несколькими именами (если не предполагать нарушений этики). Установление коллективности открытия в обсуждаемом смысле, напротив, представляет собой историко-научную проблему, которая может решаться неоднозначно. Вместе с тем эти две формы коллективности плавно переходят друг в друга, а преобладание той или иной из них есть определенный показатель организации науки в данную эпоху. Например, на заре ядерной физики, в 30-е годы, как правило, данные о сечениях взаимодействия в некоторой области энергии сообщала одна группа ученых (экспериментаторов), а результаты их фазовой обработки — другая (теоретиков), тогда как в 50-е годы в физике космических лучей и в физике античастиц измерения и обработку данных производила обычно одна и та же группа смешанного состава.

Понятие коллективности открытия рождает задачу определения долей участия членов коллектива в общей работе. Решение этой задачи почти всегда сопряжено с большими трудностями. Не случайно на этой ниве проросло немало плевел. Недоразумения возникали даже в тех случаях, когда авторы статьи, выразив благодарность некоторым лицам или как-либо иначе отметив их участие в работе (эти лица, разумеется, тоже члены коллектива, хотя и с меньшими долями), впоследствии в своих воспоминаниях о проделанной работе забывали упомянуть о них. Именно на этой почве возникло судебное дело, возбужденное О. Пиччоне против О. Чемберлена и Э. Сегре как авторов истории открытия антипротона. Следует поэтому приветствовать и поощрять любую попытку внести ясность в проблему долей коллективного открытия. Мы также скажем на эту тему несколько слов, основываясь на нашем историческом материале и толкуя его в полюсах дихотомии открытия «шаткое — надежное».

| Вихерт | Томсон | Кауфман |
|--------|--------|---------|
|        |        | — 1     |
|        | — 2    |         |
| — 2    | — 1    |         |
| — 1    |        |         |

Уровни надежности открытия электрона (качественная схема). Штриховая линия — уровень достаточной надежности; 1 — уровни надежности заключений на основе собственных результатов Вихерта, Томсона и Кауфмана; 2 — уровни надежности заключений, сделанных с учетом результатов Ленарда

Ленард не сумел дать правильного объяснения своим опытам с катодными лучами, выведенными из разрядной трубки. Он толковал катодные лучи как процессы в эфире. Но если бы даже он объяснил свои опыты в понятиях корпускулярной гипотезы — или если бы это сделал кто-либо другой, опираясь на результаты только этих опытов, — с его работой мы, по-видимому, связывали бы только весьма шаткое открытие электрона. Сочетание результатов Ленарда с результатами Вихерта и Томсона повысило уровень надежности тех заключений, которые можно было сделать на основе только этих последних работ. Выше мы называли эти заключения соответственно шатким и надежным. Обобщенные заключения можно было бы назвать сравнительно надежным и весьма надежным.

Прибегнем к языку графических построений. Наиболее интересным для обсуждения представляется график, изображенный на нашем рисунке. На нем учтено сказанное выше о степени надежности выводов из работ Вихерта, Томсона и Кауфмана. Вывод Вихерта даже с учетом результатов Ленарда не обладает достаточной степенью надежности; вывод Томсона, хотя уровень его надежности заметно выше, все же удовлетворяет необходимому требованию только с учетом результатов Ленарда; вывод из работы Кауфмана, если бы он был сделан, удовлетворил бы этому требованию и сам по себе. График такого вида в полной мере позволяет понять связь надежности открытия с его коллективностью, а если ввести количественный масштаб по ординате, то и выразить доли участия соавторов открытия.

Если штриховую линию на графике провести выше линий Томсона, но все же ниже линии Кауфмана, то первой надежной базой для вывода о существовании электрона окажется работа Кауфмана. Результаты этой работы были опубликованы в мае 1897 г., правильное их толкование дано в октябре того же года [с. 56]. Надежное открытие электрона как общей катодной частицы станет единоличным и примет вид процесса, продолжавшегося в течение полугода в 1897 г. Но такая оценка событий, по-видимому, страдала бы неоправданным ужесточением. Необходимо также считаться с тем фактом, что Томсон был крайне осмотрительным и критически мыслящим ученым: поэтому объявлять его заключение о существовании электрона недостаточно надежным значило бы становиться большим папистом, чем сам римский папа.

Против предположенной «кауфмановской» версии открытия электрона говорит также следующее соображение. Надежность коллективного заключения следует, очевидно, определить как сумму надежностей индивидуальных заключений. Если, далее, в первом, очень грубом приближении принять, что надежности заключений об электроне из результатов Вихерта, Томсона и Кауфмана равны соответственно 1, 2 и 3 усл. ед., а надежность того же заключения из результатов Ленарда —  $\frac{1}{2}$  той же единицы, то окажется, что к середине 1897 г. надежность коллективного открытия электрона как катодной частицы равнялась уже  $6\frac{1}{2}$  ед., т. е. безусловно превышала уровень необходимой надежности. Другими словами, к середине 1897 г. совместными усилиями исследователей газового разряда электрон в катодных лучах был уже безусловно открыт, и в последующем можно было лишь подтверждать это открытие.

В первый раз в этой статье мы встретились с коллективным открытием, когда говорили о работах Лоренца и Зеемана. Совместной публикации, посвященной этому вопросу, они не сделали, но каждый в своих публикациях ссылался на другого, и было ясно, что работают они совместно, причем Зееман выполняет экспериментальную часть работы, а Лоренц — теоретическую. Работа теоретика в открытии электрона как атомной частицы потребовалась в силу косвенного характера этого открытия, все участники открытия электрона как катодной, ленардовой,

фотоэлектрической и т. п. частицы, т. е. прямого открытия электрона,—экспериментаторы.

По мере увеличения общности открытия электрона росло число участников этого открытия. Если электрон как атомную частицу открыли Зееман и Лоренц, то первооткрыватели электрона как атомной и катодной частицы суть, кроме них, Вихерт и Томсон, среди авторов открытия электрона как атомной, катодной и ленардовой частицы мы видим также имя Ленарда, среди авторов открытия электрона как атомной, катодной, ленардовой и бета-частицы — еще имя А. Беккереля и т. д. [с. 65]. Таким образом, вместе с увеличением степени общности открытия повышалась и степень его коллективности. Последний процесс, однако, шел медленнее первого, так как некоторые исследователи открывали электрон в нескольких ипостасях, например Томсон открыл его в ипостасях катодной, фотоэлектрической и термоэлектронной частиц. Существо этой закономерности не изменится, если мы будем говорить не об открытии электрона в новых ипостасях, а об открытии новых ипостасей электрона. Как уже отмечалось, этот процесс продолжается донине. Значит, коллективность, как и общность открытия,—неизбежные атрибуты научного прогресса: первый — из-за его продолжительности, второй — в силу экономии природы, отмеченной Ньютоном.

\*  
\*       \*  
\*

Возвращаясь к букету существующих в литературе высказываний об открытии электрона (см. начало статьи), мы видим, что в том или ином смысле оправдали их все, кроме последнего: Кауфмана в группу первооткрывателей электрона мы не включаем. Чтобы войти в эту группу, ему надо было правильно истолковать результаты своих опытов. Он вошел бы в нее, по праву коллективного открытия и в том случае, если бы кто-либо правильно истолковал его результаты до того, как получило распространение открытие электрона, сделанное Томсоном. Но и этого не случилось. Вместе с тем работа Кауфмана, конечно, не пропала для науки: ее результаты явились ценным подтверждением правильности сделанного открытия. Инцидент с работой Кауфмана в таком его толковании служит яркой иллюстрацией той истины, что в науке выдать на-гора новые факты, даже самые замечательные,—еще не значит сделать открытие. Открытие — это комплекс из констатации нового факта и его правильного объяснения. Новые факты лишь увеличивают объем знания, но наука — не просто знание, наука — это системное знание. Практически всегда современные физики не только сообщают новые факты, но и дают им свое толкование. Так поступил, как мы уже знаем, и Кауфман: из результатов своей работы он сделал заключение о недостаточности корпускулярной гипотезы катодных лучей. Поэтому можно было бы говорить об открытиях и лжеоткрытиях. Наука по преимуществу складывается из открытий, ошибочные представления всегда в ней — временные пришельцы. К сказанному выше мы можем, следовательно, добавить: наука — не просто знание и даже не только системное знание, наука — это истинное знание.

## DEFINITIONS OF SCIENTIFIC DISCOVERY

A. N. VYALTSEV

On the material of the history of electron's discovery the concept of scientific discovery is defined. Differentiated definition of discovery is given according to the degrees of definiteness (or indefiniteness), directness (or indirectness), community reliability (or unstability) and collective nature.