

§ 4. Формальные условия для гипотез

1. Во-первых, гипотеза должна формулироваться таким образом,

чтобы из нее можно было выводить следствия, а также чтобы всегда можно было определить, объясняет она или нет рассматриваемые факты. Данное условие может быть рассмотрено с двух точек зрения.

а. Зачастую происходит так, что гипотеза не может быть верифицирована непосредственным образом. Большинство наиболее ценных научных гипотез имеет именно такую природу. Мы не можем установить ни при каком непосредственном наблюдении того, что отношение притяжения между двумя телами является обратным квадрату расстояния между ними. Поэтому необходимо постулировать гипотезу так, чтобы ее следствия можно было с ясностью проследить при помощи методов логики и математики, а также подвергнуть экспериментальному подтверждению. Так, гипотезу о том, что Солнце и Марс притягивают друг друга прямо пропорционально квадрату своей массы, но обратно пропорционально квадрату расстояния между ними, нельзя непосредственным образом подтвердить при помощи наблюдения. Однако набор следствий из этой гипотезы о том, что Марс вращается по эллиптической орбите вокруг Солнца и что вследствие этого при различных исходных условиях он в разное время может быть виден в различных точках этой орбиты, вполне может быть верифицирован.

б. Гипотезу нельзя подвергнуть экспериментальной проверке до тех пор, пока каждый из составных элементов гипотезы не будет обозначать определенную экспериментальную процедуру. Гипотеза о том, что Вселенная сжимается так, что все длины уменьшаются в одинаковой пропорции, является эмпирически бессмысленной, если не обладает какими-либо верифицируемыми следствиями. Сходным образом гипотеза

о том, что вера в Провидение в большей степени способствует праведной жизни, чем забота о ближнем, не может обладать верифицируемыми следствиями до тех пор, пока мы не сможем соотнести меры, присутствующие в экспериментальном процессе, с силами, весомость которых описывается в данной гипотезе.

2. Второе, вполне очевидное условие, которое должна выполнять гипотеза, заключается в том, что она должна предлагать ответ на проблему, изначально ее породившую. Так, теория о том, что свободно падающие тела падают с постоянным ускорением, объясняет известное поведение тел, находящихся в непосредственной близости от поверхности Земли.

Тем не менее, было бы серьезной ошибкой предполагать, что ложные гипотезы, чьи логические следствия не полностью соответствуют наблюдаемым фактам, всегда являются бесполезными. Ложная гипотеза может привлечь наше внимание к ранее не подозревавшимся фактам или

отношениям между фактами и тем самым усилить основания в поддержку других теорий. История науки наполнена примерами гипотез, которые были отброшены, но при этом оказались полезными. Теория флогистона в химии, теория теплоты или особой материи тепла, корпускулярная теория света, смоляная теория электричества, теория общественного договора, ассоциативная теория в психологии – все это примеры таких полезных гипотез. Более очевидную иллюстрацию представляет следующий пример. Древние вавилоняне имели множество ложных идей относительно волшебных свойств числа семь. Однако в силу своего убеждения о том, что количество видимых небесных тел, вращающихся вокруг неподвижных звезд, должно было равняться семи, они стали пристально всматриваться в небо и обнаружили редко доступную невооруженному глазу планету Меркурий. «Правильно использованные ложные гипотезы породили больше полезных следствий, чем просто ненаправленное наблюдение», – замечал английский логик де Морган^[58].

3. Существует еще одно очень важное условие, которое должно соблюдаться гипотезами. Как мы видели, теория ускорения Галилея позволила ему не только объяснять то, что он уже знал, когда формулировал эту теорию, но и предсказать, что в будущем при наблюдении откроется истинность определенных суждений, которая во время формулировки предсказания не была известна и даже не подозревалась. Так, например, Галилею удалось показать, что если ускорение свободно падающего тела было постоянным, то траектория полета ядра относительно линии горизонта должна была бы представлять собой параболу. Успешные предсказания делают гипотезу верифицированной, но при этом никак не доказанной.

Обратимся к другой иллюстрации и проявим суть нашего аргумента еще четче. Представим большую сумку, которая содержит огромное число бумажных листов. На каждом из этих листов написана некоторая цифра. Допустим, что мы вытаскиваем из сумки по одному листку, не заменяя при этом его новым листком, и фиксируем изображенную на нем цифру. Так, представим, что первой извлеченной цифрой будет «3», второй – «9». После этого нам предлагают целое состояние, если мы сможем предсказать, какими будут пять следующих друг за другом цифр, начиная с сотого извлечения.

Что могли бы мы ответить на подобное предложение? Мы могли бы сказать, что, пожалуй, ни один ответ не является лучше любого другого, поскольку мы полагаем, что цифры появляются в совершенно случайном порядке. Однако, с другой стороны, мы все же можем сформулировать

гипотезу о том, что цифра, полученная при одном извлечении, не является несвязанной с цифрой, полученной при каком-то другом извлечении. Мы можем обратить внимание на порядок, в котором появляются цифры. На основании общей гипотезы о том, что такой порядок имеет место, мы можем предложить частную гипотезу, объясняющую последовательность появления цифр. Не вызывает сомнения то, что даже в случае реального отсутствия какой-либо определенной последовательности в появлении цифр мы, тем не менее, можем попробовать сформулировать закон этого появления. Делаемое нами на определенном этапе предположение о появлении цифр в некотором порядке не означает того, что на каком-то другом более позднем этапе, имея лучшие основания, мы не сможем отрицать существование такого порядка.

Примем общую гипотезу о порядке. Если так, то основной проблемой становится отыскание частного порядка. Так, каждый отдельный закон или формула, которые мы будем вводить, будут во многом зависеть от имеющегося у нас ранее знания и степени нашей осведомленности с математическими последовательностями. На основании данной осведомленности может быть усмотрена связь между появляющейся цифрой и порядковым номером извлечения. Разумеется, можно сформулировать и другие виды связи; можно предположить, что существует связь между извлекаемыми цифрами и временем их извлечения. Любой, кто знаком с алгеброй, сможет предложить несколько формул, выражающих подобный тип связи. Так, в качестве закона последовательности появления цифр мы можем предложить формулу $y_1 = 3^n$, где n – порядковый номер извлечения, а y_1 – извлекаемая цифра. Когда $n = 1$, $y_1 = 3$; а когда $n = 2$, $y_1 = 9$. Данная гипотеза полностью учитывает все известные факты.

Однако мы знаем и другие гипотезы, которые также могут полностью учитывать все известные факты. Такими гипотезами могут быть формулы: $y_2 = 6^n - 3$; $y_3 = \frac{1}{2}(n^2 + n)$; $y_4 = 2n^2 + 1$; и $y_5 = \frac{n^3}{3} + \frac{11n}{3} - 1$. Несложно показать, что может быть обнаружено бесконечное число различных выражений, выполняющих эту же функцию. Все остальные гипотезы мы можем отбросить без рассмотрения, только если считаем, что обладаем определенным релевантным знанием, на основании которого рассматриваем только эти пять.

Однако являются ли данные пять формул в равной степени «удовлетворительными»? Если бы обнаружение порядка между уже извлеченными цифрами было бы условием, накладываемым на гипотезу,

то, действительно, нельзя было бы отыскать причину, по которой одна из этих формул была бы более предпочтительной, чем другая. Но мы стремимся к тому, чтобы наши законы или формулы были на самом деле универсальными, т. е. выражающими неизменные отношения, существующие между цифрами. Поэтому предпочтительной гипотезой будет та, которая позволит предсказывать то, что еще не произошло, и из которой мы сможем вывести то, что уже случилось ранее, даже если бы об этом ничего не знали на момент формулировки гипотезы. Таким образом, мы можем высчитать, что если одна из этих пяти формул является универсально применимой, то при третьем извлечении мы получим: «27» – если истинна первая, «15» – если истинна вторая, «18» – если третья, «19» – если четвертая и «19» – если истинна пятая.

Крайне важно сформулировать гипотезу и ее следствия до попытки ее верифицировать, ибо, во-первых, если мы изначально не сформулировали гипотезу, то даже не знаем, что именно мы пытаемся верифицировать. Во-вторых, если мы намеренно выбираем гипотезу так, чтобы она подтверждалась набором определенных фактов, то это еще не дает нам гарантии в том, что она будет подтверждена и другими фактами, помимо рассмотренных. В таком случае нельзя сказать, что мы обезопасили себя от ошибочного отбора и что проведенная нами «верификация» является проверкой выбранной гипотезы. Логическая функция предсказания заключается в том, чтобы позволить провести подлинную верификацию наших гипотез посредством указания на факты, которые ее подтвердят, до непосредственного момента проверки.

Таким образом, если случится так, что третьей извлеченной цифрой окажется «19», то первые три формулы будут элиминированы. Оставшимся двум формулам придется пройти проверку при еще большем количестве данных опыта. Тем не менее, мы не можем быть уверенными в том, что эти формулы являются единственными, способными описывать последовательность появления цифр.

Становится очевидным, что функция верификации заключается в том, чтобы обеспечить удовлетворительные основания для элиминации некоторых или всех из рассматриваемых нами гипотез. Предположим, что у нас осталось две формулы: y_4 и y_5 . Мы допустили, что каждая из них успешно предсказала третью цифру. Однако, согласно нашим требованиям, гипотеза должна предсказывать не только результат третьего извлечения, но и результаты всех последующих извлечений. Если гипотеза выражает универсальную связь, то она должна поддерживать себя и не

элиминироваться ни при какой возможной попытке верификации. Однако часто случается так, что остается более чем одна гипотеза даже после определенного конечного числа верификаций, как это, например, имеет место в нашей ситуации. Тогда мы не можем утверждать одну из таких гипотез и исключать другие. Мы можем, однако, попробовать элиминировать все релевантные альтернативы посредством повторения процесса верификации до тех пор, пока не получим какую-либо одну гипотезу. Именно стремление к достижению такого идеала руководит нашим исследованием, однако достигнуть его удастся крайне редко, если вообще удастся. На самом же деле мы можем считать, что нам повезло, если гипотезы, изначально рассматривавшиеся нами как релевантные, не элиминировались в ходе исследования.

Гипотеза должна быть сформулирована таким образом, чтобы ее материальные следствия были проявлены. Данное требование означает, что гипотеза должна быть доступна верификации. Может оказаться, что в момент разработки гипотезу нельзя проверить непосредственным образом в силу практических или технических сложностей. С момента выведения предсказываемого следствия до его непосредственного наступления может потребоваться длительный период времени. Так, для проверки одного из следствий теории относительности требовалось полное затмение солнца. Однако, несмотря на то что истинность гипотезы, в которой утверждаются универсальные связи, невозможно доказать, она, тем не менее, должна быть доступна верификации, даже такую верификацию нельзя провести сразу. Как мы уже сказали, следствия гипотезы должны формулироваться в терминах определенных эмпирических операций.

Из этого следует, что гипотезу нельзя считать адекватной, если в ней не проводится явного или скрытого отграничения устанавливаемого в ней порядка связи. Гипотеза должна быть опровержимой, если она устанавливает один порядок связи, а не другой.

Рассмотрим суждение «все люди смертны», которое является гипотезой относительно поведения людей. Является ли данная формулировка удовлетворительной? Если мы найдем человека, которому будет двести лет, то поставит ли это под сомнение универсальность смертности людей? Разумеется, стороннику теории о том, что все люди смертны, вовсе не нужно будет сомневаться в своей теории. Но что если бы мы отыскали человека, возраст которого равнялся бы возрасту струльдбруга?^[59] Сторонник теории смертности все равно мог бы утверждать, что его гипотеза вполне сочетается с существованием такого человека. Несложно заметить, что, будучи сформулированной таким

образом, данную гипотезу нельзя будет опровергнуть, сколько лет бы ни было человеку, которого мы могли бы представить в качестве ее опровержения. Для того чтобы гипотеза обрела удовлетворительную форму, ее следует модифицировать так, чтобы обусловить возможность экспериментальной детерминации между этой гипотезой и какой-либо противоположной ей альтернативной гипотезой.

Если гипотеза обладает верифицируемыми следствиями, то она не может претендовать на то, что предлагаемое в ней объяснение будет удовлетворительным, что бы ни случилось. Доступные наблюдению следствия в случае истинности гипотезы не могут быть теми же самыми, что и верифицируемые следствия противоположной ей гипотезы. В нашем примере корректной модификацией гипотезы будет ее переформулировка в следующем виде: «Все люди умирают прежде, чем наступает их двухсотый день рождения». При такой формулировке гипотеза будет опровергнута при обнаружении человека, которому будет пятьсот лет.

Многие из теорий, имеющих широкую популярность, не отвечают установленным нами условиям. Так, теория, согласно которой, что бы ни случилось, все является действием Провидения или волей бессознательной самости, является неудовлетворительной с точки зрения, которую мы выработали. Эту теорию нельзя считать верифицированной, если после того как нечто случилось, мы интерпретируем это нечто как следствие Провидения или бессознательного. На самом деле данная теория столь плохо сформулирована, что мы не можем даже установить ее логические следствия и, следовательно, природу ожидаемых событий. Данная теория не позволяет нам предсказывать. Она не является верифицируемой. В этой теории не проводится различия между самой этой теорией и любой внешне противоположной ей теорией, например, теорией, согласно которой все, что происходит, является случайным.

4. Необходимо рассмотреть еще одно условие для того, чтобы гипотеза была удовлетворительной. В нашем искусственном примере мы обнаружили, что после третьего извлечения осталось две гипотезы. Каким образом осуществляется выбор между ними? В данном случае вопрос представляется несложным. Поскольку при $n = 4$ формула u_4 предсказывает цифру, отличную от цифры, предсказываемой формулой u_5 , то выбор между гипотезами можно осуществить при четвертом извлечении. Но как осуществить выбор, если мы имеем дело с двумя гипотезами, у которых все следствия, которые мы можем верифицировать, являются одинаковыми?

Нам следует различать два типа случаев, когда подобное может

произойти. Предположим, в первом случае два исследователя пытаются установить природу замкнутой кривой линии, следы которой они обнаружили на определенном участке земли. Один утверждает, что эта кривая такова, что каждая точка, лежащая на ней, равноудалена от определенной точки вне кривой. Другой исследователь утверждает, что кривая такова, что площадь внутри нее является самой большой из всех площадей, которые можно охватить линией такой длины. Можно показать, что все логические следствия первой гипотезы совпадают с логическими следствиями второй гипотезы. Обе эти гипотезы, на самом деле, не различаются в логическом смысле. Если же два исследователя начнут спорить по поводу своих теорий, то этот спор будет либо о словах, либо об их эстетических предпочтениях относительно различных формулировок по сути одной и той же теории.

Может случиться и так, что две теории могут не быть логически эквивалентными, хотя и следствия, по которым они различаются, невозможно установить экспериментальным образом. Подобная ситуация может возникнуть, когда наши методы наблюдения недостаточно чувствительны для того, чтобы различить следствия, не являющиеся логически эквивалентными. Например, в теории гравитации Ньютона утверждается, что два тела притягивают друг друга обратно пропорционально квадрату расстояния между ними; в альтернативной теории может утверждаться, что притяжение является обратно пропорциональным расстоянию между ними, взятому в $2,00000008$ степени. Мы не можем экспериментально установить различие между двумя этими теориями. Какое дополнительное условие может быть наложено на гипотезы, чтобы позволить нам выбирать между ними?

Мы проанализируем ответ, согласно которому предпочтительной является более простая из двух гипотез. В качестве примера мы можем предложить гелиоцентрическую теорию Коперника, описывающую видимое движение солнца, луны и планет. Геоцентрическая теория Птолемея была сформулирована для тех же целей. Обе теории позволяют нам объяснять движение данных небесных тел, и в XVI веке ни одна из них не давала предсказаний, отличных от предсказаний другой, за исключением объяснения фаз Венеры. Было показано, что для большого числа прикладных случаев две данные теории являлись математически эквивалентными. Более того, теория Птолемея имела преимущество, заключавшееся в том, что она не расходилась со свидетельствами чувственных данных: люди «видели», как Солнце вставало на востоке и заходило на западе. С точки зрения «здорового смысла» гелиоцентрическая

система явилась крайне изощренным объяснением. Тем не менее, Коперник и многие его современники нашли, что гелиоцентрическая теория является «более простой», чем древняя система Птолемея, и поэтому предпочли именно ее. В чем же заключается суть этой «простоты»? Чтобы ответить на этот вопрос, проанализируем то, что имеется в виду при употреблении термина «простота».

а. Термин «простой» часто путают с термином «знакомый». Люди, не имеющие соответствующей подготовки по физике и математике, без сомнения, посчитают, что геоцентрическая теория проще гелиоцентрической, поскольку для того чтобы принять последнюю, нам нужно пересмотреть наши привычные истолкования природы того, что мы видим собственными глазами. Теория о том, что земля является плоской, проще, чем теория о том, что она круглая, поскольку неподготовленному человеку сложнее представить себе, что антиподы на противоположной стороне шара ходят вниз головой и не падают. Однако «простота», понимаемая таким образом, не может способствовать правильному выбору гипотезы из двух конкурирующих альтернатив. Что проще для одного, необязательно проще для другого. При таком понимании простоты абсурдно было бы утверждать, что теория относительности Эйнштейна является более простой, чем физика Ньютона.

б. Иногда утверждается, что одна гипотеза проще другой, если число независимых типов элементов в первой гипотезе меньше, чем во второй. Можно сказать, что планиметрия проще обычной геометрии, не только потому, что многие считают, что освоить первую проще, чем вторую, но и потому, что в геометрии изучаются конфигурации в трех независимых измерениях, тогда как в планиметрии – только в двух. Плоскостная проективная геометрия в этом смысле проще, чем плоскостная метрическая геометрия, поскольку в первой изучаются только те трансформации, в которых коллинеарность точек и пересечение линий в одной точке остаются инвариантными, тогда как во втором типе геометрии добавляется изучение трансформаций, оставляющих инвариантными пересечение отрезков, углов и площадей. В этом же смысле физические теории проще биологических теорий, которые, в свою очередь, проще теорий социальных наук.

Зачастую считается, что в этом смысле теория человеческого поведения, постулирующая один примитивный импульс, например, сексуальное влечение или самосохранение, является более простой, чем теория, допускающая несколько примитивных импульсов. Однако подобное верование ложно, поскольку в теориях первого типа необходимо

вводить специальные допущения или делать оговорки относительно постулируемого единичного импульса, с тем чтобы описать с помощью него все наблюдаемое разнообразие типов человеческого поведения. Поэтому о простоте одной гипотезы по сравнению с другой невозможно говорить до тех пор, пока все допущения данной гипотезы, равно как и отношения между ними, не сформулированы в явной форме.

с. Мы, таким образом, приходим к необходимости указать на еще один смысл термина «простота». Каждая из двух гипотез может упорядочивать рассматриваемую область. Однако может случиться так, что в одной теории отношения между различными фактами, присутствующими в предметной области, устанавливаются посредством систематического выведения импликаций из допущений теории. В рамках второй теории может формулироваться порядок только на основе специальных допущений, сформулированных *ad hoc*^[60] и не соединенных систематическим образом. Таким образом, первая теория оказывается проще второй. Простота, понимаемая в этом смысле, означает простоту системы. Гипотезе, являющейся простой в этом смысле, присущ общий характер. Таким образом, одна теория считается более простой или более общей, чем другая, если первая, в отличие от второй, способна продемонстрировать исследуемые ею связи в виде отдельных примеров отношений, рассматривающихся в ней в качестве основополагающих.

Гелиоцентрическая теория, особенно в том виде, в котором она была разработана Ньютоном, систематически является более простой, чем теория Птолемея. В терминах основополагающих идей гелиоцентрической системы мы можем объяснить смену дня и ночи, смену времен года, солнечные и лунные затмения, фазы Луны и внутренних планет, поведение гироскопа, приплюснутость земного шара у полюсов, предварение равноденствий, а также много других событий. Астрономия, построенная на теории Птолемея, также объясняет все эти явления, однако для объяснения некоторых из них приходится вводить специальные допущения, которые систематическим образом не связаны с типом отношения, рассматриваемым в качестве основополагающего.

Высшие уровни научного исследования нацелены на отыскание систематической простоты. Если мы не будем об этом помнить, то происходящие в науке изменения будут казаться нам случайными, поскольку изменения в теории зачастую проводятся с единственной целью: отыскать некоторую более общую теорию, которая будет объяснять то, что ранее объяснялось с помощью двух несвязанных друг с другом теорий. Поэтому когда говорится, что нам следует выбирать более простую

теорию, то имеется в виду та теория, которая будет более простой в систематическом понимании. У нас еще будет возможность убедиться в том, что на высшем уровне научного исследования совсем непросто отыскать удовлетворительную гипотезу, объясняющую возникшее затруднение. Не каждая гипотеза сможет справиться с такой задачей. Искомое объяснение должно осуществляться в терминах теории, которая будет в ряде аспектов аналогичной теориям, которые уже применяются в других областях. Разумность данного требования очевидна, ведь его выполнение приблизит нас еще на один шаг к достижению идеала единой когерентной системы объяснений для обширной области фактов. В этом смысле общая теория относительности Эйнштейна является более простой, чем теория гравитации Ньютона, хотя математика, применяющаяся в первой, куда сложнее той, которая требуется для последней. В отличие от ньютоновской теории, в теории Эйнштейна силы не вводятся по принципу ad hoc.

Следует, однако, отметить, что на высших уровнях научного исследования довольно сложно различать степени относительной систематической простоты двух теорий. Является ли теория волн Шредингера более простой, чем матричная теория атома Гейзенберга? В подобных случаях при выборе между двумя теориями нам остается полагаться на численно не измеряемый эстетический элемент. Однако, несмотря на то что в подобном выборе между двумя весьма общими теориями присутствует элемент случайности, степень значимости этого элемента, тем не менее, является ограниченной, т. к. избранная теория проверяется также и на соответствие остальным формальным условиям, которые мы сформулировали выше.

§ 5. Факты, гипотезы и решающие эксперименты

Наблюдение

Мы сказали, что гипотеза должна быть верифицируемой и что верификация осуществляется посредством эксперимента или наблюдения при чувственном восприятии. Однако наблюдение не такая простая вещь, как это иногда считается. Исследование составных элементов наблюдения позволит нам нанести завершающий удар по ошибочному мнению о том, что развитие знания может осуществляться лишь при накоплении фактов.