

ИСТОРИЯ

КТО ИЗОБРЕЛ НАУКУ



Зачем Архимед скрывал свои опыты? Почему Галилей хотел называться философом, а не астрономом? Как величайший прорыв в математике на века затормозил познание мира? Разбираемся в почти детективной истории зарождения науки.

ТЕКСТ *Анатолий Глянецев*

Наука – это не столько знание истины, сколько искусство ее поиска. Это особый способ мыслить и задавать вопросы. Изобрести его было куда труднее, чем телескоп или телеграф.

Предвестниками науки стали письменность и цивилизация. В жарких долинах Тигра, Евфрата и Нила вызревали зерна математики и астрономии, химии и медицины. Например, вавилоняне умели вычислять даты затмений и знали число «пи» до шестого знака после запятой (если говорить в современных терминах), а египетские мастера мумификации досконально изучили анатомию. Это было знание, но еще не наука.

Право быть ребенком

Первый шаг к научному пониманию мира – вопрос «почему?». Миф расскажет, откуда взялась Земля и кто дал людям огонь. Повседневный опыт убедит, что камни падают вниз, а искры летят вверх. Но почему камни – вниз, а искры – вверх, а не наоборот? Ученый чем-то похож на ребенка: ему любопытно, как все работает.

Первыми подобные вопросы стали задавать древние греки. В VII–IV веках до нашей эры Элладу обуяла любовь к мудрости (именно так с греческого переводится слово «философия»). Философы рисовали масштабные схемы устройства Вселенной, порой весьма изящные. Аристотель так отвечал на вопрос о камнях и искрах: стихия земли стремится к центру мира, а стихия огня – к периферии. Стало быть, в центре мира – неподвижная шарообразная Земля, а на периферии – огненные светила.

В древнегреческих сочинениях о природе среди множества наивных фантазий встречаются изу-

мительные прозрения. Анаксимандр учил, что Вселенная бесконечна во всех направлениях. Левкипп догадался, что вещество состоит из мельчайших частиц, и назвал их атомами. Гераклid Понтийский понял, что Земля вращается вокруг своей оси, а Меркурий и Венера – вокруг Солнца.

Наука рассуждать

Однако главный вклад древних греков в научный метод – искусство рассуждать и доказывать. Аристотель сформулировал законы логики, например – что высказывание не может быть одновременно и истинно, и ложно (закон непротиворечия), но не может быть и «ни истинно, ни ложно, а как-то так» (закон исключенного третьего). Сегодня эти тезисы могут показаться банальными, но в Античности с ними спорили, и еще как. Например, некоторые философы учили, что истины нет и доказать можно что угодно. Аристотель отделил правильные способы рассуждать от неправильных. Этот фундамент тысячелетиями служил философам, богословам, а затем и ученым.

Греки изобрели и математическое доказательство. Еще в Древнем Вавилоне (и, вероятно, Египте) знали, что квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов. Но никому не приходило в голову, что этот факт нуждается в доказательстве. Математика тех времен была лишь частью ремесел, например, строительного дела и землемерия (так переводится слово «геометрия»). Разве каменщик должен доказывать, что он правильно кладет кирпич?

Первым, кто потребовал строгого доказательства теорем, был, видимо, Пифагор (VI–V вв. до н. э.) – или его последователи. Осознав роль доказательства, греки дали математике ее ключевой метод. Это сразу же сослужило хорошую службу астрономии, а века спустя – физике, химии, биологии, экономике, даже лингвистике и психологии. Мы до сих пор не знаем другого столь же точного и выразительного языка для описания реальности, как математика.



Вверху:
Афинская школа.
Фреска Рафаэля Санти.
1509–1511 гг.

Внизу: Буквица из
рукописи «Начал»
Евклида в переводе
Аделарда Батского
на латинский язык.
Манускрипт ок.
1309–1316 гг.



Однако Рассуждение – лишь одна нога колосса по имени Наука. Другая же называется Опыт, и на эту ногу античная мысль сильно хромала. Некоторые философы отвергали даже обыденный опыт. Так, Зенон доказывал, что движение – лишь иллюзия, даже не пытаясь объяснить, откуда эта иллюзия берется. Аристотель был проницательным наблюдателем, но не ставил экспериментов. Может быть, потому, что упорно делил все на свете на естественное и искусственное. Если бросить камень своей рукой, это будет «искусственное» падение, что оно может сказать о естественном ходе событий?

Аристотель обсуждал траекторию брошенного камня, но не задавался вопросом, как быстро и далеко тот может улететь, если бросить его под тем или иным углом или с той или иной силой. В его время никто еще не понимал, что подобные вопросы очень важны. Обнимать мысль Вселенную – благородное дело, но теория становится научной, когда предсказывает скучные конкретные факты. Лишь слив эти прогнозы с реальностью, ученые понимают, работает теория или нет.

ЗДРАВЫЙ СМЫСЛ ГОВОРИТ,
ЧТО АРХИМЕД ВЫВЕЛ СВОЙ ЗАКОН
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО

Сияние чистого разума

Важность экспериментов и измерений отчасти осознавали в эллинистическом Египте. Начиная с III века до н. э. Александрия, тогдашняя столица Страны пирамид, на несколько веков стала крупнейшим исследовательским центром. Здесь в почете были не только философы, но и экспериментаторы и изобретатели, создавшие множество механизмов вплоть до парового двигателя.

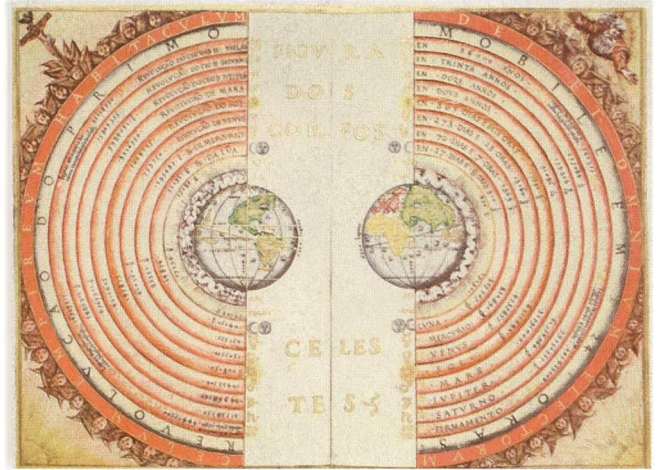
Здесь же работал астроном Аристарх Самосский (IV–III вв. до н. э.), первым вычисливший (хоть и с большими ошибками) расстояния до Луны и Солнца и размеры этих небесных тел. Правда, Аристарх выразил свои результаты в долях диаметра Земли, который был ему еще неизвестен. Этот пробел позже восполнил Эратосфен.

В III веке до н. э. в Александрии произошло событие, определившее судьбу зарождавшейся науки на много веков вперед. Евклид написал «Начала» – первое систематическое изложение геометрии. Он объединил множество известных к тому времени разрозненных теорем в стройную систему, одну за другой выводя их из нескольких самоочевидных аксиом. Это был триумф разума.

Ирония судьбы: евклидова геометрия оказалась единственной наукой, аксиомы которой действительно очевидны. Другие разделы математики добрались до собственных аксиом только в XIX–XX вв. В естественных науках ситуация еще сложнее: пока лишь физические теории удалось свести к системе строгих теорем, вытекающих из немногих постулатов.

Но современники Евклида не подозревали, насколько природа сложнее треугольников. «Начала» дали им осязаемый идеал. Его сияние ослепило и обмануло мыслителей. Хоть Александрия и славилась изобретателями, многие блестящие практики стали притворяться теоретиками. Здравый смысл говорит, что Архимед получил свой знаменитый закон экспериментально. Но в его труде «О плавающих телах» на это нет и намека. Вместо этого результат выводится как теорема из неизвестно откуда взятых аксиом. Видимо, Архимед специально подобрал аксиомы под известное из эксперимента следствие.

Примерно так же поступают и нынешние физики, но с двумя большими отличиями. Прежде всего, постулатом физической теории достойно быть лишь утверждение, из которого выводится множество разнообразных фактов, а не какой-то один (например, всю специальную теорию относительности можно вывести всего из двух постулатов). Что еще важнее, сегодня мы честно называем экспериментальные результаты экспериментальными. Архимед же замалчивал роль опыта и тем самым создавал иллюзию, будто природу можно постичь одним лишь рассуждением.



Геоцентрическая система Птолемея.
Иллюстрация Бартоломеу Велью. 1568 г.

Архитекторы вселенной

● Авторитетные античные мыслители помещали в центр Вселенной неподвижную Землю, вокруг которой двигались Солнце, Луна и планеты. Небесные тела равномерно перемещались по окружностям – такое движение считалось идеальным.

Эту картину требовалось согласовать с наблюдениями. Венцом этой работы стала теория Клавдия Птолемея (II в. нашей эры). Его система точнее всего согласовывалась с наблюдениями, за что ее очень ценили астрономы. Но за точность приходилось расплачиваться сложностью: планеты двигались по причудливому нагромождению окружностей. Многие философы признавали птолемеевскую модель лишь как вычислительный трюк, ничего не говорящий о «сущности» и «природе» небесных тел. Этот спор, начавшийся еще при жизни Птолемея, продолжался и в Новое время.

Система Николая Коперника была много проще птолемеевой, но поме-

щала в центр мира Солнце, а не Землю. На такое кощунство философы отреагировали привычным способом: «Это всего лишь математическая фикция». В 1610 году Галилео Галилей, последователь Коперника и изобретатель телескопа, переехал из Падуи во Флоренцию, и не в последнюю очередь – ради должности придворного философа. Статус философа маркировал его как человека, изучающего, «как на самом деле все устроено», в отличие от астронома, который всего-то может рассчитать, когда и где окажется планета.

Нынешние ученые, напротив, больше всего ценят предсказание конкретных цифр и фактов. Рассуждать о «сущностях» увлекательно, но единственное, что мы действительно можем проверить, – это согласие между теорией и экспериментом. Физик Дэвид Мермин в XX веке выразил эту мысль емкой максимой: «Заткнись и вычисли!»



Роберт Бойл проводит эксперимент, используя сконструированный им воздушный насос. Картина Риты Грир, 2007 г.

Начало революции

Следующий большой прорыв начался в Европе много веков спустя. В зените Высокого Средневековья у интеллектуалов, утомленных схоластическими словопрениями, возродился и окреп интерес к наблюдению, а то и эксперименту. Так, философ и естествоиспытатель Роджер Бэкон в XIII веке писал: «В старинных книгах сказано, что алмаз можно расколоть с помощью козлиной крови. Я смачивал алмаз козлиной кровью, и у меня ничего не вышло. Но способ раскалывать алмаз существует, он хорошо знаком ювелирам».

В XV веке появилось книгопечатание, сделавшее книги доступнее, а Великие географические открытия подтвердили ценность открытий как таковых. Философы все больше интересовались природой и спорили, как ее следует постигать. В Новое время пошатнулась власть традиций и авторитетов, огромная в Средневековье. Если раньше крупницы нового знания как бы стыдливо прятали в комментарии к древним текстам, то теперь публиковались целые трактаты, посвященные новым идеям или результатам свежих опытов.

Одним из первых переосмыслил роль науки в этом новом ключе философ Фрэнсис Бэкон, живший в XVI–XVII веках. Он утверждал, что знание должно быть достоянием общества, а не привилегией немногих посвященных. Наука, писал он, – это мощная сила, которая познает и преобразует мир.

Бэкон переоткрыл логический метод, почти забытый со времен Античности. Этот метод называется индукцией, или переходом от частных фактов к общему выводу. «Я смертен, ты тоже, и он тоже – значит, все люди смертны». Этот подход отличается от дедукции – перехода от общего к частному («все люди смертны, я человек, значит, я смертен») или от общего к общему. Понятны недостатки индукции: этак можно заключить, что все птицы летают, и прозевать пингвина и страуса. Но только так и можно вывести закон природы из результатов множества опытов. Бэкон предложил метод познания мира, состоящий из двух частей. «Первая состоит в извлечении аксиом из опыта, вторая – в выведении новых экспериментов из аксиом». Это удивительно современная мысль, нынешние научные теории примерно так и работают.

ЕСЛИ СРАВНИВАТЬ НАУКУ С АВТМО,
ТО ВО ВРЕМЕНА АРИСПОПЕЛЯ ПРИДУМАЛИ
КОЛЕСО, А ГАЛИЛЕЯ – ДВИГАТЕЛЬ

Время великанов

С Галилея, родившегося в 1564 году, началась череда блестящих экспериментаторов, определивших нынешний облик науки. Он сделал множество открытий, в том числе – что у свободно падающих тел одно и то же ускорение независимо от массы. Ученый признавал, что этот принцип выполняется лишь приближенно, и верно связал этот факт с сопротивлением воздуха. Причину же ускорения он вообще не рассматривал. Другими словами, исследователь констатировал экспериментально установленный закон, не придумывая для него аксиом и не стесняясь того, что у результата есть предел точности. Тень Архимеда могла бы воскликнуть: «А что, так можно было?»

Исаак Ньютон дал нам действующий поныне образец научной теории. Его механика основана всего на нескольких простых количественных законах. Однако она объясняет множество разнообразных явлений, от движения планет до падения яблока.

Современник Ньютона Христиан Гюйгенс специально подчеркивал, что утверждения его «Трактата о свете» не выводятся из самоочевидных аксиом. Напротив, постулаты теории подбираются так, чтобы из них следовали экспериментальные факты – подход, принятый в науке и в наши дни. Гению приходилось чуть ли не извиняться за неочевидность постулатов своей теории, так силен был двухтысячелетний гипноз «Начал».

Осознав важность опыта, ученые принялись смело экспериментировать, навязывая природе свои правила игры. Например, Роберт Бойл во второй половине XVII века установил, что для горения и поддержания жизни необходим воздух, просто откачивая его из сосудов с горящими свечами и живыми организмами.

Познание наконец встало на обе ноги – Рассуждение и Опыт – и пустилось вскачь. За неполные четыре века с рождения Ньютона мы узнали о природе больше, чем за предыдущие четыре с половиной тысячелетия письменной истории.

Конечно, научный метод совершенствовался и после Ньютона. Например, только в XX веке ученые стали систематически учитывать погрешности измерений.

Если сравнить науку с автомобилем, то во времена Аристотеля придумали колесо, а в эпоху Галилея и Ньютона – двигатель внутреннего сгорания. Самобеглые коляски постепенно сменились изящными спорткарами, а наши потомки, пожалуй, посадят за руль искусственный интеллект. И все же честь изобретения науки принадлежит гениям Нового времени, стоявшим на плечах античных гигантов. 🌐



Пять заповедей науки

● Философы XX века долго пытались ухватить суть научного метода, выделить черты, отличающие науку от искусства, религии, философии. Это непростое дело, в том числе и потому, что работа биолога или физика сильно отличается от работы историка или математика. Если ограничиться естественными науками, задача несколько упрощается. Попытаемся суммировать взгляд на науку, достаточно популярный среди самих ученых.

1. Научная теория опирается на небольшое число постулатов, но выводит из них много фактов. Если из теории не следует никаких конкретных фактов, она не научна. Например, теория «все происходит по личному решению Бога» не научна, потому что не дает способа выяснить, что же он решил по тому или иному поводу.

2. Подогнать теорию под уже известные факты – дело нехитрое, поэтому сила теории измеряется ее способностью предсказать новые, еще не известные факты. После финального свистка легко объяснить любой счет на табло. Но пока мы не умеем предсказывать исходы матчей еще до игры, у нас нет научной теории футбола.

3. Новые факты, предсказанные теорией, нужно проверять экспериментом или наблюдением.

4. Из двух теорий нужно предпочесть ту, что сделала больше подтвердившихся и меньше ложных предсказаний.

5. Ни одна теория не объясняет всех фактов, поэтому теории и сменяют друг друга. Может быть, окончательной «теории всего» вообще никогда не будет. Но лучше иметь несовершенную теорию, чем не иметь никакой.