# Введение.

# За основную концепцию современного естествознания следует принять следующую:

Природа представляет собой единое целое, связанное единой идеей. Отдельные науки изучают различные проявления этого единого целого, а основная идея содержит се законы природы в виде стройной системы правил. Но система правил или законы природы едины не только для природы Земли, но и для всей Вселенной. Следовательно, - Вселенная представляет единое целое.

Единая идея конструкции Вселенной проявляется в единстве законов, действующих одинаково на Земле и в Космосе.

В своем развитии человечество приобретало знания исходя из опыта, наблюдения природных явлений , попыток осмыслить и использовать понятые явления. Приобретенные знания человечество использовало для удовлетворения своих потребностей, производства изделий и услуг. Но наряду с этим развивалось мышление человека, а вместе с мышлением развивались науки.

«Физика» в переводе с греческого означает «природа». Со времен Аристотеля(IVв. До н.э.) физикой называют науку о природе. Развитие физики условно подразделяют на три этапа.

Первый этап – древний и средневековый – охватывает период со времен Аристотеля до начала XVII в. Второй этап – классической физики – связывают с основанием точного естествознания Галилео Галилеем и основателем классической физики Исааком Ньютоном. Третий этап охватывает XXв.

С 1917 по 1991 гг. в России господствовала марксистско-ленинская философия , в соответствии с догмами которой первый этап считался донаучным или ненаучным.

Исследуем тот вопрос подробнее. Как мы помним, наука – это сфера человеческой деятельности, добывающая достоверные знания. К первому периоду человечество обладало большим объемом знаний. Оно научилось добывать и использовать огонь для приготовления пищи, обогрева, литейного производства. Литейное производство основано на знаниях о металлах, способах получения металлических изделий: утвари, украшений, оружия, строительных элементов.

Строительство египетских пирамид относят к 3-2му тысячелетиям до н. э. Их изучение проводят до сих пор, и не все тайны пирамид открыты. Тайны, которые появились 5 тыс. лет тому назад. Точно установлено, что этот строительство произведено с использованием знаний астрономии.

До Аристотеля люди уже могли находить путь кораблям, движущимся вне видимости земли, по звездам. По звездам же ориентировались караваны в пустыне. Сила ветра использовалась для движения кораблей. Первые ирригационные сооружения появились задолго до Аристотеля в древнем Египте.

Возможно, человечество обладало и многими другими знаниями, но отсутствие систем хранения, переработки и передачи информации привело к потере добытых знаний.

Итак, до Аристотеля человечество обладало большим объемом информации, проверенной и используемой на практике, которую нельзя назвать ненаучной. Следовательно, и до Аристотеля должны были существовать науки.

А что же было особенного в Ivи. До н. э.?

Оказывается, Аристотель, ученик Платона, впервые рассмотрел атомы как первичные элементы материи. А создав свою теорию строения материи, выступил с резкой критикой своего учителя. Платон учил, что за всеми вещами стоят некие «идеи», создавшие эти вещи. Аристотель же считал, что сущность вещей заключается в самих вещах и нет никаких «идей» вне вещей.

Платона назвали идеалистом, а Аристотеля материалистом.

Но естествознание развивалось независимо от того, кого из ученых называли материалистом, а кого идеалистом.

Во II в. н.э. Птолемей создал геоцентрическую систему. Земля – в центре, Солнце вращается вокруг Земли, двенадцать знаков зодиака – это двенадцать созвездий, по каждому из которых Солнце проходит ежемесячно. Эта теория просуществовала 1200 лет.

А в течение этих 1200 лет развивалась алхимия. Алхимия считалась донаучным направлением в химии. Цель алхимии – найти «философский камень», чтобы превращать металлы в золото, получить эликсир долголетия, найти универсальный растворитель. Как видим, цели алхимии практически те же, что и у современной науки.

В результате: открыты и получены минеральные растворители и красители, стекла, эмали, лекарственные препараты, разработаны технологии дистилляции, применяемые в химической, нефтеперерабатывающей и фармацевтической промышленности.

Через 1200 лет после Птолемея мы попадаем во времена Коперника, создавшего гелиоцентрическую систему (о ней будем говорить ниже). Земля вращается вокруг Солнца и вокруг своей оси, так же, как и другие планеты. Заметим, что все знания, добытые Птолемеем, сохранились и используются на практике до сих пор.

Еще через двести лет мы попадаем во времена Галилео Галилея и Исаака Ньютона. Галилео Галилей, основатель точного естествознания, заложил основу современной химии, выдвинул идею относительности движения, установил законы инерции, свободного падения, движения тел по плоскости, построил телескоп с тридцатидвухкратным увеличением и нашел четыре спутника Сатурна, горы на Луне, пятна на Солнце.

Исаак Ньютон – математик, механик, астроном, физик, создатель классической механики и всех законов Ньютона. Независимо от Лейбница открыл дифференциальное и интегральное исчисления, создал основы современной механики.

Перелистнем еще триста лет и попадем в XX век. Жаном Перреном установлено: молекула – наименьшая частица вещества, обладающая основными химическими связями. Атомы одинаковы на Земле и в космосе. Универсальность физических законов подтверждает единство природы и вселенной в целом.

Основной тенденцией современных наук является специализация по отдельным направлениям. Количество таких специальных наук достигло двухсот, причем в каждой из них своя система понятий и определений, своя терминология. Такое положение затрудняет дальнейшее развитие познания, поскольку много проблем имеют решение именно на стыке наук. Поэтому появляются «смешанные» науки: физическая химия, физическая география, биохимия, биофизика, радиоастрономия и т. д.

Очевидно, что исследования во всех научных направлениях будут продолжаться с той или иной интенсивностью, но среди них есть наиболее важные, без которых человечество не сможет существовать. Это энергетика и экология.

# Глава 1.

# Этапы развития зрелой науки

Зрелая наука в своем развитии последовательно проходит несколько этапов. Период нормальной науки сменяется периодом кризиса, который либо разрешается методами нормальной науки, либо приводит к научной революции, которая заменяет парадигму. С полной или частичной заменой парадигмы снова наступает период нормальной науки.

Согласно концепции Куна, развитие науки идет не путем плавного наращивания новых знаний на старые, а через смену ведущих представлений -- через периодически происходящие научные революции. Однако, действительного прогресса, связанного с возрастанием объективной истинности научных знаний, Кун не признает, полагая, что такие знания могут быть охарактеризованы лишь как более или менее эффективные для решения соответствующих задач, а не как истинные или ложные.

В этой связи следует отметить, что Кун не связывает явно смену парадигм с преемственностью в развитии науки, с движением по спирали от неполного знания к более полному и совершенному. По моему мнению, Кун опускает вопрос о качественном соотношении старой и новой парадигмы: является ли новая парадигма, пришедшая на смену старой, лучше с точки зрения прогресса в научном познании? Спираль развития зрелой науки у Куна не направлена вверх к высотам "абсолютной истины", она складывается стихийно в ходе исторического развития науки.

1.2. Нормальная наука

"Нормальной наукой" Кун называет исследование, прочно опирающееся на одно или несколько прошлых научных достижений, которые в течение некоторого времени признаются определенным научным сообществом в качестве основы для развития, то есть это исследование в рамках парадигмы и направленное на поддержание этой парадигмы. При ближайшем рассмотрении "создается впечатление, будто бы природу пытаются втиснуть в парадигму, как в заранее сколоченную и довольно тесную коробку", "явления, которые не вмещаются в эту коробку, часто, в сущности, вообще упускаются из виду».

Нормальная наука не ставит своей целью создание новой теории, и успех в нормальном научном исследовании состоит не в этом. Исследование в нормальной науке направлено на разработку тех явлений и теорий, существование которых парадигма заведомо предполагает. Кратко деятельность ученых в рамках нормальной науки можно охарактеризовать как наведение порядка (ни в коем случае не революционным путем).

По мнению Куна, "три класса проблем -- установление значительных фактов, сопоставление фактов и теории, разработка теории -- исчерпывают ... поле нормальной науки, как эмпирической, так и теоретической". Подавляющее большинство проблем, поднятых даже самыми выдающимися учеными, обычно охватывается этими тремя категориями. Существуют также экстраординарные проблемы, но они возникают лишь в особых случаях, к которым приводит развитие нормального научного исследования. Работа в рамках парадигмы не может протекать иначе, а отказаться от парадигмы значило бы прекратить те научные исследования, которые она определяет. В случае отказа от парадигмы мы приходим к научной революции.

Понятие "нормальной науки", введенное Куном, подверглось острой критике сторонниками критического рационализма во главе с Карлом Поппером. Поппер согласен с тем, что нормальная наука существует, но если Куну этот феномен представляется как нормальный, то Поппер в работе "Нормальная наука и ее опасности" (1970) рассматривает его как опасный для науки в целом.

В критике понимания Куном нормальной науки можно выделить два направления. Во-первых, полное отрицание самого существования нормальной науки. С этой точки зрения наука никогда бы не сдвинулась с места, если бы основной деятельностью ученых была нормальная наука, как ее представляет Кун. Сторонники этого направления в критике Куна полагают, что нормальной науки, предполагающей только кумулятивное накопление знания, вообще не существует; что из нормальной науки Куна не может вырасти революции. "Нормальная наука" отождествляется с теоретическим застоем или стагнацией в науке.

Второе направление в критике нормальной науки представлено К.Поппером. Он признает существование нормальной науки, но вместе с тем принижает ее роль. Нормальная наука Куна, как считает Поппер, представляет опасность для самого существования науки. "Нормальный" ученый вызывает у Поппера чувство жалости: он не привык к критическому мышлению. На самом деле, хотя ученый и работает обычно в рамках какой-то теории, при желании он может в любой момент выйти за эти рамки. Неверно, однако, на этом основании говорить об истории науки как о непрерывной революции, к чему склоняется Поппер, и принижать роль нормальной науки как периода эволюционного развития в науке.

Действительно, в понимании Куна "самая удивительная особенность проблем нормальной науки ... состоит в том, что они в очень малой степени ориентированы на крупные открытия, будь то открытие новых фактов или создание новой теории". Ученые в русле нормальной науки не ставят себе цели создания новых теорий, каких-то значительных качественных (революционных) преобразований в своей научной дисциплине. Для них результат научного исследования значителен уже потому, что он расширяет область применения парадигмы и уточняет некоторые параметры. Такие результаты, особенно в математике, могут быть предсказаны, но сам способ получения результата или доказательство остается в значительной мере сомнительным. Возникающие проблемы часто оказываются трудными для разрешения, хотя предшествующая практика нормальной науки дала все основания считать их решенными или почти решенными в силу существующей парадигмы. Завершение проблемы исследования требует решения всевозможных сложных инструментальных, концептуальных и математических задач-головоломок.

Таким образом, нормальная наука предстает у Куна как "решение головоломок". Ученый, который преуспеет в этом, становится специалистом своего рода по решению задач-головоломок, и стремление к разрешению все новых и новых задач-головоломок становится стимулом его дальнейшей активности, хотя он и не выходит за рамки нормальной науки. Среди главных мотивов, побуждающих к научному исследованию, можно назвать желание решить головоломку, которую до него не решал никто или в решении которой никто не добился убедительного успеха.

Как я уже обсуждал, работа в рамках парадигмы предполагает, что научное сообщество с приобретением парадигмы получает критерий для выбора проблем, которые могут считаться в принципе разрешимыми, пока эта парадигма является общепризнанной. В значительной степени ученые занимаются только теми проблемами, которые сообщество признает научными или заслуживающими внимания. Парадигма может даже изолировать научное сообщество от тех важных проблем, которые нельзя свести к типу головоломок, поскольку нельзя представить в терминах концептуального и инструментального аппарата, предполагаемого парадигмой. Такие проблемы иногда отбрасываются только потому, что они кажутся слишком сомнительными, чтобы тратить на них время. Одну из причин кажущегося прогресса в развитии нормальной науки Кун видит в том, что "ученые концентрируют внимание на проблемах, решению которых им может помешать только недостаток собственной изобретательности".

# 1.3 Аномалии и кризис в науке

Нормальная наука не ставит своей целью нахождение нового факта или теории, тем не менее новые явления вновь и вновь открываются научными исследованиями, а радикально новые теории опять и опять изобретаются учеными. "Открытие начинается с осознания аномалии, то есть с установления того факта, что природа каким-то образом нарушила навеянные парадигмой ожидания, направляющие развитие нормальной науки" -- пишет Кун. Это осознание различия между вновь обнаруженными фактами и теорией приводит затем к более или менее расширенному исследованию области аномалии.

Аномалия появляется только на фоне парадигмы. Чем более точна и развита парадигма, тем более чувствительным индикатором она выступает при обнаружения аномалии, что тем самым приводит к изменению в парадигме. Осознание аномалии открывает период, когда парадигмальные теории приспосабливаются (подгоняются) к новым обстоятельствам до тех пор, пока аномалия не становится ожидаемой. Причем усвоение теорией нового вида фактов требует чего-то большего, чем просто дополнительного приспособления теории; ученый должен научиться видеть природу в ином свете. Так восприятие обнаруженной аномалии потребовало изменения парадигмы. Все известные в истории естествознания открытия новых видов явлений характеризуются тремя общими чертами: предварительное осознание аномалии, постепенное или мгновенное ее признание и последующее изменение парадигмальных понятий и процедур.

После того как открытие осознано, научное сообщество получает возможность объяснять более широкую область явлений и процессов или более точно описать те явления, которые были известны ранее, но были плохо объяснены. Но этого можно достичь только путем отбрасывания некоторых убеждений прежней парадигмы или их замены другими.

Приведем примеры, свидетельствующие о том, что осознание аномалии явилось предпосылкой к значительным изменениям в теории естествознания. Расхождения наблюдений положения планет и их предсказания, получаемого с помощью геоцентрической системы Птолемея, привело к наиболее известному в истории естествознания изменению парадигмы -- возникновению астрономии Коперника и его гелиоцентрической системы. Новая теория света и цвета Ньютона возникла с открытием, что ни одна из существующих парадигм не способна учесть длину волны в спектре. Новая волновая теория, заменившая ньютоновскую, появилась в результате возрастающего интереса к аномалиям, затрагивающим дифракционные и поляризационные эффекты теории Ньютона. Обнаружение парадоксов канторовской теории множеств и логики (первые парадоксы, или антиномии, были обнаружены еще самим Г.Кантором, и число их продолжало возрастать) вылилось в кризис оснований математики в начале XX века и возникновение новых теорий и концепций.

Осознание аномалий, как правило, продолжается так долго и проникает так глубоко, что можно с полным основанием сказать: области, затронутые этими аномалиями, находятся в состоянии нарастающего кризиса. Под нарастающим кризисом Кун понимает постоянную неспособность нормальной науки решать ее головоломки в той мере, в какой она должна это делать, и тем более возникающие в науке аномалии, что порождает резко выраженную профессиональную неуверенность в научной среде. По выражению Куна, "банкротство существующих правил означает прелюдию к поиску новых". Таким образом, на фоне нарастающего кризиса происходит возникновение новых теорий, или, по Куну, "новая теория предстает как непосредственная реакция на кризис".

История науки свидетельствует о том, что на ранних стадиях развития новой парадигмы возможно создание альтернативных теорий. Как замечает Кун, "философы науки неоднократно показывали, что на одном и том же наборе данных всегда можно возвести более чем один теоретический конструкт". Но ученые редко прибегают к подобному изобретению альтернатив, характерному для допарадигмального периода. "Как и в производстве, в науке смена оборудования -- крайняя мера, к которой прибегают лишь в случае действительной необходимости". Именно кризисы выступают индикаторами своевременности этого переоборудования.

Таким образом, любой кризис начинается с сомнения в существующей парадигме и последующего расшатывания правил исследования в рамках нормальной науки. С этой точки зрения исследование во время кризиса подобно исследованию в допарадигмальный период, однако, в последнем случае ученые сталкивались с большим числом трудностей. Все кризисы заканчиваются одним из трех возможных исходов. Во-первых, иногда нормальная наука доказывает свою способность разрешить проблемы, порождающую кризис, несмотря на кажущийся конец существующей парадигмы (этому соответствует пунктирная стрелка 6 на схеме). Во-вторых, при сложившемся положении вещей решение проблемы может не предвидится, так что не помогут даже радикально новые подходы. Проблема откладывается в сторону (в разряд необоснованных аномальных фактов, см. на схеме стрелку 3) в надежде на ее решение новым поколением ученых или с помощью более совершенных методов. Наконец, возможен третий случай, когда кризис разрешается с возникновением новой теории для объяснения аномалий и последующей борьбой за ее принятие в качестве парадигмы (на схеме этому случаю соответствует процесс, обозначенный стрелками 5, 7, 8). Этот последний способ завершения кризиса Кун и называет научной революцией, которую я буду рассматривать в следующем подпункте.

# 1.4. Революция в науке

Научная революция, в отличие от периода постепенного накопления (кумуляции) знаний, рассматривается как такой некумулятивный эпизод развития науки, во время которого старая парадигма замещается полностью или частично новой парадигмой, несовместимой со старой.

Осознание кризиса, описанное в предыдущем разделе, составляет предпосылку революции.

Как во время политических революций выбор между конкурирующими политическими институтами оказывается выбором между несовместимыми моделями жизни общества, так и во время научных революций выбор между конкурирующими парадигмами оказывается выбором между несовместимыми моделями жизни научного сообщества. Кун утверждает, что "Вследствие того, что выбор носит такой характер, он не детерминирован и не может быть детерминирован просто оценочными характеристиками процедур нормальной науки... Когда парадигмы, как это и должно быть, попадают в русло споров о выборе парадигмы... каждая группа использует свою собственную парадигму для аргументации в защиту этой же парадигмы". Кун считает, что аргументация за выбор какой-то конкретной парадигмы "обращается не к логике, а к убеждению".

Кун показывает, что научные революции не являются кумулятивным этапом в развитии науки, напротив, кумулятивным этапом являются только исследование в рамках нормальной науки, благодаря умению ученых отбирать разрешимые задачи-головоломки.

1 Несовместимость старой и новой парадигмы

В своей теории научных революций Кун не разделяет точки зрения позитивистов, которые считают, что каждая новая теория не должна вступать в противоречие с предшествующей теорией. Наиболее известный пример, приводимый в защиту такого понимания развития науки, является анализ отношения между динамикой Эйнштейна и уравнениями динамики, которые вытекали из "Математических Начал Натуральной Философии" Ньютона. С точки зрения теории Куна эти две теории совершенно несовместимы, как несовместима астрономия Коперника и Птолемея: "теория Эйнштейна может быть принята только в случае признания того, что теория Ньютона ошибочна"

"Можно ли в самом деле динамику Ньютона вывести из релятивистской динамики? ... Представим ряд предложений ***E*1**, ***E*2**,..., ***E*n**, которые воплощают в себе законы теории относительности. Эти предложения содержат переменные и параметры, отображающие пространственные координаты, время, массу покоя и т.д. Из них с помощью аппарата логики и математики дедуцируется еще один ряд предложений... Чтобы доказать адекватность ньютоновской механики как частного случая, я должен присоединить к предложениям ***E*i** дополнительные предложения типа **(*v*/*c*)2 << 1**, ограничив тем самым область переменных и параметров. Этот расширенный ряд предложений преобразуется затем так, чтобы получить новую серию ***N*1**, ***N*2**,..., ***N*m**, которые тождественны по форме с ньютоновскими законами движения, законом тяготения и т.д. Очевидно, что ньютоновская динамика выводится из динамики Эйнштейна при соблюдении нескольких ограничивающих условий.

Тем не менее такое выведение представляет собой передержку, по крайней мере в следующем. Хотя предложения ***N*i** являются специальным случаем законов релятивистской механики, все же они не являются законами Ньютона... Переменные и параметры, которые в серии предложений ***E*i**, представляющей теорию Эйнштейна, обозначают пространственные координаты, время, массу и т.д., все также содержатся в ***N*i**, но они все-таки представляют эйнштейновское пространство, массу и время. Однако физическое содержание эйнштейновских понятий никоим образом не тождественно со значением ньютоновских понятий, хотя и называются они одинаково... Если я не изменю определения переменных в ***N*i**, то предложения, которые я вывел, не являются ньютоновскими. Если их изменить, то мы не сможем, строго говоря, сказать, что *вывели* законы Ньютона... Конечно, приведенная выше аргументация объясняет, почему законы Ньютона казались пригодными для работы."

Таким образом, хотя устаревшую теорию можно рассматривать как частный случай ее современного преемника, она должна быть преобразована для этого. В рассматриваемой работе, автор приводит и другие примеры несовместимости предыдущей и последующей теорий (доньютоновские представления о движении и теория Ньютона, скачок в изучении электрических явлений (сер. XVIII века), теория флогистона и теория химического строения Дальтона и др.)

2 Переключение гештальта в результате революций

В результате научной революции изменяется взгляд ученых на мир. В каком-то смысле можно сказать, что в результате революции ученый оказывается в другом мире, разительно отличающемся от прежнего. Это происходит вследствие того, что ученые видят мир своих исследований через призму парадигмы. Кун сравнивает изменения взглядов ученых в результате научной революции с переключением зрительного гештальта: "То, что казалось ученому уткой до революции, после революции оказывалось кроликом". В гештальт-экспериментах предпосылкой самого восприятия является некоторый стереотип, напоминающий парадигму. К сожалению, ученые не могут переключать в ту или другую сторону свое восприятие также сравнительно легко, как это происходит с испытуемыми в гештальт-экспериментах.

Кун приводит много примеров такого "изменения виденья мира" в результате научных революций. Это изменение взглядов на электричество в результате изобретения лейденской банки, это переход от теории распространения световых волн через эфир к электромагнитной теории Максвелла, это замена геоцентрической системы в астрономии гелиоцентрической теорией Коперника и т.д.

Часто изменения во взглядах маскируются тем, что результате смены парадигмы не происходит видимого со стороны изменения терминологии науки. Но при вдумчивом рассмотрении оказывается, что в старые понятия вкладывается новый смысл. Так Птолемеевское понятие планеты отличается от Коперниканского, смысл понятия "время" у Ньютона не равнозначен времени Эйнштейна.

Изложенное выше, является одной из причин того, что выбор между конкурирующими парадигмами не может выть решен средствами нормальной науки. Каждая из научных школ, защищая свою точку зрения, будет смотреть на мир через призму своей парадигмы. В таких спорах выясняется, что каждая парадигма более или менее удовлетворяет критериям, которые она определяет сама, но не удовлетворяет некоторым критериям, определяемым ее противниками.

3 Выбор новой парадигмы.

В рамках нормальной науки, ученый, занимаясь решением задачи-головоломки, может опробовать множество альтернативных подходов, но он не проверяет парадигму. Проверка парадигмы предпринимается лишь после настойчивых попыток решить заслуживающую внимания головоломку (что соответствует началу кризиса) и после появления альтернативной теории, претендующей на роль новой парадигмы.

Обсуждая вопрос о выборе новой парадигмы, Кун полемизирует с философскими теориями вероятностной верификации. "Одна из... теорий требует, чтобы мы сравнивали данную научную теорию со всеми другими, которые можно считать соответствующими одному и тому же набору наблюдаемых данных. Другая требует мысленного построения всех возможных проверок, которые данная научная теория может хотя бы предположительно пройти. ...трудно представить себе, как можно было бы осуществить такое построение...". Вместе с тем, Кун выступает и против теории фальсификации К.Р.Поппера: "роль... фальсификации, во многом подобна роли, которая в данной работе предназначается аномальному опыту, то есть опыту, который, вызывая кризис, подготавливает дорогу для новой теории. Тем не менее аномальный опыт не может быть отождествлен с фальсифицирующим опытом. Действительно, я даже сомневаюсь, существует ли последний в действительности. ...Ни одна теория никогда не решает всех головоломок, с которыми она сталкивается в данное время, а также нет ни одного уже достигнутого решения, которое было бы совершенно безупречно."

В каком-то смысле, Кун объединяет в своей теории обе теории: как теорию фальсификации, так и теорию верификации. Аномальный опыт теории фальсификации выделяет конкурирующие парадигмы по отношению к существующей. А после победы новой парадигмы начинается процесс верификации, который "состоит в триумфальном шествии новой парадигмы по развалинам старой".

Иногда новая парадигма выбирается не на основе сравнения возможностей конкурирующих теорий в решении проблем. В этом случае аргументы в защиту парадигмы апеллируют к "индивидуальному ощущению удобства, к эстетическому чувству". Новая теория должна быть более ясной, удобной и простой. Кун считает, что "такие аргументы более эффективны в математике, чем в других естественных науках".

**Глава 2.**

# О характере революции в математике

Интерес к проблеме анализа тех коренных, качественных изменений в развитии научного знания, которые принято называть революциями в науке, возник после появления известной книги Т.Куна "Структура научных революций", опубликованной в русском переводе в 1975 г. В ходе широкой дискуссии как у нас, так и на Западе закономерно возник и вопрос о революциях в математике. Первая попытка критически рассмотреть идеи Куна применительно к развитию математического знания была предпринята в публикации Г.Мартенсона в международном журнале "История математики". В этой, а также в других публикациях высказывались самые крайние точки зрения на революцию в математике, начиная от полного ее отрицания и кончая частичным признанием.

# 2.1. Основные точки зрения на революцию в математике

Когда заходит речь о характере изменений, происходящих в развитии математического познания, в первую очередь обращают внимание не на качественные, а на количественные - постепенные, медленные - изменения. Тем самым научный прогресс сводится к постепенному накоплению все новых и новых знаний. Такую концепцию развития науки принято называть кумулятивистской. В применении к математике это означает, что ее развитие определяется только чисто количественным ростом нового знания (открытием новых понятий, доказательством новых теорем и т.д.); при этом предполагается, что старые понятия и теории не подвергаются пересмотру. Кун в своей работе выступает с решительной критикой такой точки зрения кумулятивного развития научного знания.

Однако, несмотря на свою ограниченность, кумулятивистская концепция нередко еще встречается в математике. Объяснить это можно тем, что в силу самой природы математического познания ученый не обращается непосредственно ни к наблюдениям, ни к эксперименту. Математика развивается на абстрактно-логической основе. Совершенно иначе обстоит дело в естествознании, где иногда эксперимент полностью опровергает теорию и требует пересмотра старого научного знания или даже отказа от него. Именно на этом основываются попытки отрицания всяких революционных изменений в математике.

Отметим прежде всего ошибочность того представления, что революция есть чистое уничтожение, разрушение и отбрасывание старого. Именно из этого понимания революции исходит американский историк математики М.Кроу, утверждая, что "необходимой характеристикой революции является то, что некоторый объект (будь то король, конституция или научная теория) должен быть отвергнут и безвозвратно отброшен". Основываясь на таком определении, он заявляет в своем десятом законе, что революции никогда не встречаются в математике. На самом деле, революция в математике не означает отбрасывания старых объектов, а приводит к изменению их смыслового значения и объема (области применимости). Так, например, Фурье в своей "Аналитической теории тепла" писал, что математика "сохраняет каждый принцип, который она однажды приобрела". Другой выдающийся математик Г,Ганкель утверждал, что "в большинстве наук одно поколение разрушает то, что построило другое... Только в математике каждое поколение строит новую историю на старой структуре" (цит. по [3]).

Если бы развитие науки состояло в простом отбрасывании старых теорий, как был бы возможен в ней прогресс? Действительно, даже в естествознании, возникновение теории относительности и квантовой механики не привело к полному отказу от классической механики Галилея-Ньютона, а только точно указало границы ее применимости. В математике преемственность между старым и новым знанием выражена значительно сильнее, к тому же, будучи абстрактными по своей природе, теории не могут быть опровергнуты экспериментальной верификацией. Обратимся к примеру, который приводит Кроу - открытию неевклидовых геометрий. По его мнению, это не была революция в геометрии, поскольку Евклид не был отвергнут, а царствует вместе с другими, неевклидовыми геометриями.

Некоторые ученые считают, что революции возможны только в прикладной математике - в области приложения математических методов в естествознании, технике, экономике и т.п. Теории "чистой" математики могут оказаться неэффективными для решения прикладных проблем и поэтому могут быть забыты или целиком отброшены. Но, с другой стороны, коренные изменения теорий и методов приложения математики являются в конечном счете результатом изменений, происшедших в теоретической математике. Между теоретической и прикладной математикой существует тесная взаимосвязь и взаимодействие. Поэтому, если мы допускаем революцию в прикладной математике, мы должны признать ее существование и в "чисто" теоретической математике.

Сторонники еще одной точки зрения на революции в математике связывают их с процессами, происходящими вне рамок самой математики или по крайней мере относящимися к форме выражения мысли (символика и исчисления), технике математических вычислений и преобразований (формулы и алгоритмы) или же к методологии и философии математики. Именно такого рода революции в математике частично признает Кроу. Изменения в символизме или философском обосновании математики, безусловно, чаще бросаются в глаза, чем изменения в самой математике, но происходят они в "надстройке" математики и вторичны по своей сути. Наиболее заметно это в методологии и философии математики, когда открытие принципиально новых понятий, теорий и методов приводит к пересмотру учеными своих методологических и философских взглядов. Яркий пример тому возникновение канторовской теории множеств и появление парадоксов, которые привели к новому стилю мышления в математике, принципах обоснования ее теорий, к новым определениям ее исходных понятий.

Многие взгляды, таким образом, основываются на предположении, что никакие качественные изменения в процессе развития математики не происходят. Вся эволюция в математике будет сводиться к простому накоплению и росту знания: ничего в ней не переоценивается, а сохраняется в нетронутом виде. На первый взгляд создается впечатление, что в математике прогресс осуществляется чисто кумулятивным способом. Против таких кумулятивистских представлений о развитии научного знания и выступает Томас Кун. На самом деле количественные, постепенные изменения (по Куну, период "нормальной" науки) в математике, так же как и в других науках, в конце концов сопровождаются изменениями коренными, качественными - научной революцией.

## 2.2 Математика и научные революции

Одним из первых философов, поднявших вопрос о научных революциях, был И.Кант. Он писал: "... пример математики и естествознания, которые благодаря быстро совершившейся в них революции стали тем, что они есть в наше время, достаточно замечателен, чтобы поразмыслить над сущностью той перемены в способе мышления, которая оказалась для них столь благоприятной". Кант не сомневался в том, что в математике, как и в естествознании, произошли революции. В чем суть революции в математике? Наиболее значительные революции в истории математики обычно связаны с обобщением ее понятий, теорий и методов, с расширением области их применения и возрастанием абстрактности, глубины, благодаря чему математика точнее и полнее отражает действительность. Но это в свою очередь требует коренного, качественного изменения концептуальной структуры математики.

Несомненно, что первая революция в математике связана с переходом от полуэмпирической математики Древнего Вавилона и Египта к теоретической математике древних греков. Кант связывал научную революцию с введением в математику доказательства (доказательство теоремы о равнобедренном треугольнике Фалесом). До Фалеса математика представляла собой свод правил для вычисления площадей фигур, объема пирамиды и т.д. Такой характер носила математика и в Египте, и в Вавилоне. Фалес же поставил вопрос о доказательстве математических утверждений, а тем самым о построении единой, логически связанной системы. Системный подход при помощи доказательств от одного положения к другому явился новой, характерной чертой греческой математики. Математика сформировалась как наука, кроме того, в математику был внесен из философии дедуктивный метод рассуждений.

Вторую по счету крупную революцию в математике следует отнести к XVII веку и связать с переходом от постоянных к изучению переменных величин. На смену сформулированному еще Аристотелем утверждению о том, что математика изучает только неподвижные предметы, пришла идея Декарта о приложимости математики к исследованию любых процессов и объектов, в которых можно выделить меру и отношение (цит. по [4], с. 118.). Характеризуя эту революцию, Ф.Энгельс писал: "Поворотным пунктом в математике была Декартова переменная величина. Благодаря этому в математику вошли движение и диалектика, и благодаря этому же стало необходимым дифференциальное и интегральное исчисление ...". Именно в этот период возникли новые понятия переменной, производной, дифференциала и интеграла, которые отсутствовали в прежней математике. Основанные на этих понятиях дифференциальное и интегральное исчисление Ньютона и Лейбница дали возможность изучать процессы и движение. И, наконец, новые методы стали успешно внедряться в другие разделы математики, что привело к возникновению в дальнейшем дифференциальной геометрии, вариационного исчисления и т.п.

Третья революция в математике относится уже к XX веку, хотя ее начало и предпосылки возникновения связывают с прошлым веком. Начать с того, что именно тогда получили признание неевклидовы геометрии Лобачевского, Римана и Бойяи, в связи с чем широкое распространение получили новые взгляды на аксиомы геометрии и геометрическое пространство вообще. В то же время была создана теория множеств Кантора, ставшая фундаментом всей математики. Обнаружение парадоксов теории множеств и логики вылилось в кризис обоснований математики в начале XX века и возникновение новых теорий и концепций. Если раньше математику считали наукой о количественных соотношениях между величинами, то в нашем веке возник более широкий структурный взгляд (концепция абстрактных структур Н.Бурбаки), согласно которому математика рассматривается как наука, изучающая абстрактные свойства и отношения любого рода.

Следствием революции, происшедшей в XIX веке в геометрии (создание неевклидовых геометрий), было также новое понимание принципов построения математики на основе аксиоматического метода. Если до работ Лобачевского и др. только геометрия строилась аксиоматически, через постулаты, то после создания неевклидовых геометрий стало ясно, что подобным образом надо действовать во всех разделах математики.

По-видимому, революции в математике затрагивают в первую очередь сферу философии математики, связанную с ее концептуальной структурой и проблемами философского обоснования. А это уже ведет к решительным преобразованиям в самой математике. Для того, чтобы подвести итог нашим рассуждениям, охарактеризуем те качественные изменения, с которыми связаны революции в математике, следующими неотъемлемыми чертами:

|  |  |
| --- | --- |
| 1. | Образование новых понятий или изменение, углубление смысла (значения) старых понятий. |
| 2. | Возникновение новых теорий и методов математики, которые радикально изменяют прежние представления. |
| 3. | Концептуальное обобщение идей и теорий математики, расширение их применения как внутри самой математики, так и в ее приложениях. |
| 4. | Изменение оснований математики и ее философии, завершающее революцию, происшедшую в математике. |

Как говорил в свое время академик Л.Ландау, науки делятся на естественные (физика, химия), неестественные (гуманитарные) и сверхъестественные (математика). В этой шутке есть доля истины: математику нельзя отнести к естествознанию, но она не является и гуманитарной дисциплиной. Математика - это "сверхъестественная" наука, развивающаяся по своим особым законам, и поэтому для обсуждения особенностей научных революций в математике нам понадобился этот последний параграф.

**Глава 3.**

**Гелиоцентрическая система мира.**

Свою систему мира великий польский астроном *Николай Коперник* (1473-1543)

изложил в книге “О вращениях небесных сфер”, вышедшей в год его смерти. В этой книге он доказал, что Вселенная устроена совсем не так , как много веков утверждала религия.

Во все странах почти полтора тысячелетия владело умами людей ложное учение Птолемея, который утверждал, что Земля неподвижно покоится в центре Вселенной. Последователи Птолемея в угоду церкви придумывали все новые “разъяснения” и “доказательства” движения планет вокруг Земли, чтобы сохранить “истинность” и “святость” его ложного учения. Но от этого система Птолемея становилась все более надуманной и искусственной.

Задолго до Птолемея греческий ученый Аристарх утверждал, что Земля движется вокруг Солнца. Позже, в средние века, передовые ученые разделяли точку зрения Аристарха о строении мира и отвергали ложное учение Птолемея. Незадолго до Коперника великие итальянские ученые Николай Кузанский и Леонардо да Винчи утверждали, что Земля движется, что она совсем не находится в центре Вселенной и не занимает в ней исключительного положения.

Почему же, несмотря на это, система Птолемея продолжала господствовать?

Потому, что она опиралась на всесильную церковную власть, которая подавляла свободную мысль, мешала развитию науки. Кроме того, ученые, отвергавшие учение Птолемея и высказывавшие правильный взгляды на устройство Вселенной, не могли еще их убедительно обосновать.

Это удалось сделать только Николаю Копернику. После тридцати лет упорнейшего труда, долгих размышлений и сложных математических вычислений он показал, что Земля - только одна из планет, а все планеты обращаются вокруг Солнца.

Своей книгой он бросил вызов церковным авторитетам, разоблачая их полное невежество в вопросах устройства Вселенной.

Коперник не дожил до того времени, когда его книга распространилась по всему свету, открывая людям правду о Вселенной. Он был при смерти, когда друзья принесли и вложили в его холодеющие руки первый экземпляр книги.

Коперник родился в 1473 г. в польском городе Торуни. Он жил в трудное время, когда Польша и ее сосед - Русское государство - продолжало вековую борьбу с захватчиками - тевтонскими рыцарями и татаро-монголами, стремившимися поработить славянские народы.

Коперник рано лишился родителей. Его воспитал дядя по матери Лукаш Ватцельроде - выдающийся общественно-политический деятель того времени. Жажда знаний владела Коперником с детства, Сначала он учился у себя на родине. Потом продолжал образование в итальянских университетах, Конечно, астрономия там изучалась по Птолемею, но Коперник тщательно изучал и все сохранившиеся труды великих математиков и астрономию древности. У него уже тогда возникли мысли о правоте догадок Аристарха, о ложности системы Птолемея. Но неодной астрономией занимался Коперник. Он изучал философию, право, медицину и вернулся на родину всесторонне образованным, для своего времени, человеком.

По возвращении из Италии Коперник поселился в Вармии - сначала в городе Лицбарке, потом в Фромборке, Деятельность его была необычайно разнообразно. Он принимал самое активное участие в управлении областью: ведал ее финансовыми, хозяйственными и другими делами. В то же время Коперник неустанно размышлял над истинным устройством солнечной системы и постепенно пришел к своему великому открытию.

Что же заключает в себе книга Коперника “ О вращении небесных сфер” и почему она нанесла такой сокрушительный удар по системе птолемея, которая со всеми изъянами держалась четырнадцать веков под покровительством всесильной в ту эпоху церковной власти? В этой книге Николай Коперник утверждал, что Земля и другие планеты - спутники солнца. Он показал, что именно движение Земли вокруг солнца и ее суточным вращением вокруг своей оси объясняется видимое движение Солнца, странная запутанность в движении планет и видимое вращение небесного свода.

Гениально просто Коперник объяснял, что мы воспринимаем движение далеких небесных тел так же, как и перемещение различных предметов на Земле, когда сами находимся в движении.

Мы скользим в лодке по спокойно текущей реке, и нам кажется, что лодка и мы в ней неподвижны, а берега “плывут” в обратном направлении. Точно так же нам только кажется , что Солнце движется вокруг Земли. А на самом деле Земля со всем , что на ней находится, движется вокруг Солнца и в течение года совершает полный оборот по своей орбите.

И точно так же, когда Земля в своем движении вокруг Солнца обгоняет другую планету, нам кажется, что планета движется назад, описывая петлю на небе. В действительности планеты движутся вокруг Солнца по орбитам правильной, хотя и не идеально круговой формы , не делая никаких петель. Коперник, как и древнегреческие ученые, что орбиты, по которым движутся планеты, могут быть только круговыми.

Спустя три четверти века немецкий астроном Иоганн Кеплер, продолжатель дела Коперника, доказал, что орбиты всех планет представляют собой вытянутые окружности - эллипсы.

Звезды Коперник считал неподвижными. Сторонники Птолемея настаивали на неподвижности Земли, утверждали, что если бы Земля двигалась в пространстве, то при наблюдении неба в разное время нам должно было бы казаться, что звезды смещаются, меняют свое положение на небе. Но таких смещений звезд за много веков не заметил ни один астроном. Именно в этом сторонники учения Птолемея хотели видеть доказательство неподвижности Земли.

Однако Коперник утверждал, что звезды находятся на невообразимо огромных расстояниях. Поэтому ничтожные смещения их не могли быть замечены. Действительно, расстояния от нас даже до ближайших звезд оказались настолько большими, что еще спустя три века после Коперника они поддавались точному определению. Только в 1837 г. русский астроном Василий Яковлевич Струве положил начало точному определению расстояний до звезд.

Понятно, какое потрясающее впечатление должна была произвести книга, в которой Коперник объяснил мир, не считаясь с религией и даже отвергая всякий авторитет церкви в делах науки. Деятели церкви не сразу поняли, какой удар по религии наносит научный труд Коперника, в котором он низвел Землю на положение одной из планет. Некоторой время книга свободно распространялась среди ученых. Прошло не много лет, и революционное значение великой книги проявилось

в полной мере. Выдвинулись другие крупные ученые - продолжатели дела Коперника. Они развивали и распространяли идею бесконечности Вселенной, в которой Земля - как бы песчинка, а миров - бесчисленное множество. С этого времени церковь начала ожесточенное преследование сторонников учения Коперника.

Новое учение о солнечной системе -**гелиоцентрическое**- утверждалось в жесточайшей борьбе с религией. Учение Коперника подрывало самые основы религиозного мировоззрения и открывало широкий путь к материалистическому, подлинно научному познанию явлений природы.

Во второй половине 16 века учение Коперника нашло своих сторонников среди передовых ученых разных стран. Выдвинулись и такие ученые, которые не только пропогандировали учение Коперника, но углубляли и расширяли его.

Коперник полагал, что Вселенная ограничена сферой неподвижных звезд, которые расположены на невообразимо огромных, но все-таки конечных расстояниях от нас и от Солнца. В учении Коперника утверждалась огромность Вселенной и бесконечность ее. Коперник также впервые в астрономии не только дал правильную схему строения Солнечной системы, но и определил относительные расстояния планет от солнца и вычислил период их обращения вокруг него.

**Становление гелиоцентрического мировоззренния.**

Учение Коперника было признано не сразу. Мы знаем : что по приговору инквизиции в 1600 году был сожжен в Риме выдающийся итальянский философ, последователь Коперника *Джордано Бруно* (1548-1600). Бруно, развивая учение Коперника, утверждал, что во Вселенной нет и не может быть центра, что Солнце - это только центр Солнечной системы. Он также высказывал гениальную догадку о том, что звезды - такие же солнца, как наше, причем вокруг бесчисленных звезд движутся планеты, на многих из которых существует разумная жизнь. Ни пытки, ни костер инквизиции не сломили волю Джордано Бруно, не заставили его отречься от нового учения.

В 1609 году *Галилео Галилей* (1564-1642) впервые направил на небо телескоп и сделал открытия, наглядно подтверждающие открытия Коперника. На Луне он увидел горы. Значит, поверхность Луны в какой-то степени сходна с земной и не существует принципиального различия между “земным” и “небесным”. Галилей открыл четыре спутника Юпитера. Их движение вокруг Юпитера опровергло ошибочное представление о том, что только Земля может быть центром небесных тел. Галилей обнаружил, что Венера, подобно Луне, меняет свои фазы. Следовательно, Венера - шарообразное тело, которое светит отраженным солнечным светом. Изучая особенности изменения вида Венеры, Галилей сделал правильный вывод о том, что она движется не вокруг Земли, а вокруг Солнца. НА Солнце, олицетворявшем “небесную чистоту”, Галилей открыл пятна и, наблюдая за ними, установил, что Солнце вращается вокруг своей оси. Значит, различным небесным телам, например Солнцу, присуще осевое вращение. Наконец, он обнаружил, что Млечный путь - это множество слабых звезд, не различимых невооруженным глазом. Следовательно, Вселенная значительно грандиознее, чем думали раньше, и крайне наивно было предполагать, что она за сутки совершает полный оборот вокруг маленькой Земли.

Открытие Галилея умножили число сторонников гелиоцентрической системы мира и одновременно заставили церковь усилить преследования коперниканцев. В 1616 году книга Коперника “ О вращениях небесных сфер” была внесена в список запрещенных книг, а изложенное в ней противоречащим Священному Писанию. Галилею запретили пропагандировать учение Коперника. Однако в 1632 году ему все-таки удалось опубликовать книгу “Диалог о двух главнейших системах мира - птолемеевой и коперниковой”, в которой он сумел убедительно показать истинность гелиоцентрической системы, чем и навлек на себя гнев католической церкви. В 1633 году Галилей предстал перед судом инквизиции. Престарелого ученого заставили подписать “отречение” от своих взглядов и до конца жизни держали под надзором инквизиции. Лишь в 1992 году католическая церковь окончательно оправдала Галилея.

Казнь Бруно, официальный запрет учения Коперника, суд над Галилеем не смогли остановить распространение коперничества. В Австрии *Иоганн Кеплер* (1571-1630) развил учение Коперника, открыв законы движения планет. В Англии *Исаак Ньютон* (1643-1727) опубликовал свой знаменитый закон всемирного тяготения. В России учение Коперника смело поддерживал *М.В.Ломоносов* (1711-1765), который открыл атмосферу на Венере, защищал идею о множественности обитаемых миров.

**Список литературы:**

1. **Т.Кун Структура научных революций. М.,Прогресс,1975**
2. **А.А.Печенкин Обоснование научной теории. Классика и современность.,М., Наука,1991.**
3. **Г.М.Рыбаков Концепции современного естествознания,М., 1999**
4. **Г.И.Рузавин Методологический анализ математических теорий,М., 1987.**