Московский государственный институт электроники и математики

Реферат по дисциплине "Философия"

Тема:

**"Концепция научных революций Т. Куна"**

Москва – 2009

**Содержание**

Введение 3

1. История науки по Т. Куну 4

1.1 Допарадигмальный период 5

1.2 Зрелая наука 6

2. Этапы развития зрелой науки 8

2.1 Нормальная наука 8

2.2 Аномалии и кризис в науке 11

2.3 Революция в науке 14

2.3.1 Несовместимость старой и новой парадигмы 15

2.3.2 Переключение гештальта в результате революций 17

2.3.3 Выбор новой парадигмы 18

3. О характере революции в математике 20

3.1 Основные точки зрения на революцию в математике 20

3.2 Математика и научные революции 23

Заключение 27

Литература 28

# Введение

Проблема анализа природы и структуры коренных изменений научного знания стала особенно актуальной в связи с прогрессом науки и техники ХХ века. В 70-е годы в западной философии и истории науки к данной проблеме обратился в своем труде «Структура научных революций» Томас Кун. Кига вызвала большой интерес не только историков науки, но и философов, психологов, социологов и многих других.

Взгляд автора на развитие науки вызвал массу споров. Кун говорил о наличии в развитии науки нормальных и революционных периодов, но, в отличии от многих авторов, которые затрагивали эту тему, Кун пошел дальше – он начал отвечать на вопросы различия небольших и коренных изменений, как эти коренные сдвиги развиваются (возникают, подготавливаются), каковы предпосылки появления этих революционных сдвигов в развитии науки. Томас Кун в своей книге критикует коммулятивистский подход (простое накопление и рост научного знания без раскрытия внутренней закономерности происходящих в процессе познания изменений), предлагая свою концепцию развития науки через переодически происходящие революции.

Основные положения теории Куна сводятся к следующему:

периоды спокойного развития (периоды «нормальной науки») сменяются кризисом, который может разрешиться революцией, заменяющей господствующую парадигму. Под парадигмой Кун понимает общепризнанную совокупность понятий, теории и методов исследования, которая дает научному сообществу модель постановки проблем и их решений.

Книга Томаса Куна «Структура научных революций» – самая известная из всех работ по истории науки, вышедших на Западе в последние десятилетия.

Рассмотрим основные моменты далее.

# 1. История науки по Т. Куну

Согласно книге «Структура научных революций» Т. Куна, историю науки можно представить следующей схемой:

Комментарий к схеме:

|  |  |
| --- | --- |
| **1** | При переходе к зрелой науке на основе идей одной (или нескольких) научных школ возникает общепринятая парадигма; |
| **2** | одно из главных направлений деятельности нормальной науки – обнаружение и объяснение фактов как фактов, подтверждающих парадигму; |
| **3** | при таком исследовании часть фактов трактуется как аномалии – факты, противоречащие парадигме; |
| **4** | в период кризиса доверие к парадигме в известной степени подорвано, но она еще сохраняет свое значение; |
| **5** | для объяснения аномальных фактов возникает новая теория как реакция на кризис; |
| **6** | в ряде случаев новая теория может быть отринута, а часть аномальных фактов путем «решения задач-головоломок» объясняется старой парадигмой; |
| **7, 8****9** | новая теория приобретает статус парадигмы и, в результате научной революции, полностью (или частично) замещает старую парадигму.Зрелая наука |

Опишем отдельно такие объекты этой схемы как допарадигмальный период, парадигма, нормальная наука, аномалии и научная революция и т.д.

# 1.1 Допарадигмальный период

Допарадигмальный период в развитии науки характеризуется наличием большого числа школ и различных направлений. Каждая школа по-своему объясняет различные явления и факты, лежащие в русле конкретной науки, причем в основе этих интерпретаций могут находиться различные методологические и философские предпосылки. В качестве примера можно рассмотреть историю физической оптики. От глубокой древности до конца XVII века не было периода, для которого была бы характерна единственная и общепринятая в научном сообществе точка зрения на природу света. Вместо этого было множество противоборствующих школ, большинство из которых придерживалось какой-либо разновидности теории Эпикура, Аристотеля или Платона. Одно из направлений рассматривало свет как частицы, испускаемые материальным телом; для другого свет был модификацией среды, находящейся между этим телом и человеческим глазом; кроме того, свет объяснялся в терминах взаимодействия среды с излучением самих глаз. Хотя представители всех этих школ физической оптики до Ньютона были учеными, результат их деятельности нельзя в полной мере назвать научным. Не имея возможности принять какую-либо общую основу для своих убеждений, представители каждой школы пытались строить свою собственную физическую оптику заново, начиная с наблюдений.

Ученые свои труды адресовали не к своим коллегам, а скорее к оппонентам из других школ в данной области исследований и ко всякому, кто заинтересуется предметом их исследования. С современной точки зрения, их труды можно отнести в разряд научно-популярных изданий.

Допарадигмальный период, по мнению Куна, характерен для зарождения любой науки. Ситуация, описанная выше, типична в развитии каждой науки, прежде чем эта наука выработает свою первую всеми признанную теорию вместе с методологией исследований-то, что Кун называет парадигмой. На ранних стадиях развития любой науки различные исследователи, сталкиваясь с одними и теми же категориями явлений, далеко не всегда одинаково описывают и интерпретируют одни и те же явления. Исключение могут составить такие науки, как математика или астрономия, в которых первые прочные парадигмы относятся к их предыстории, а также дисциплины, подобные биохимии, возникающие на стыке уже сформировавшихся отраслей знания. Одновременно с тем, начало астрономии характеризовалось «многопарадигмальностью». В таких разделах биологии, как, например, учение о наследственности, первые парадигмы появились лишь в XX веке.

## 1.2 Зрелая наука

На смену допарадигмальной науки приходит, по мнению Куна, зрелая наука. Зрелая наука характеризуется тем, что в данный момент в ней существует не более одной общепринятой парадигмы.

Первоначальные расхождения, характерные для ранних стадий развития науки, с появлением общих теоретических и методологических предпосылок и принципов постепенно исчезают, сначала в весьма значительной степени, а затем и окончательно. Более того, их исчезновение обычно вызвано триумфом одной из допарадигмальных школ, например, общественным признанием парадигмы Франклина в области исследования электрических явлений.

Существование парадигмы предполагает и более четкое определение области исследования в зрелой науке (или профессионализм). Именно благодаря принятию парадигмы школа, интересовавшаяся ранее изучением природы из простого любопытства, становится вполне профессиональной научной школой, а предмет ее интереса превращается в научную дисциплину.

В наши дни такие парадигмы или научные достижения, которые в течение долгого времени признаются определенным научным сообществом как основа для развития его дальнейшей деятельности, излагаются в учебниках. Учебники разъясняют сущность принятой теории, иллюстрируют многие ее применения и сравнивают эти применения с типичными наблюдениями и экспериментами. Они определяют правомерность проблем и методов исследования каждой области науки для последующих поколений ученых. До того как подобные учебники стали общераспространенными, аналогичную функцию выполняли знаменитые классические труды ученых: «Начала» и «Оптика» Ньютона, «Электричество» Франклина, «Химия» Лавуазье и многие другие. Их создание было в достаточной мере беспрецедентным, чтобы на долгое время отвратить ученых от конкурирующих концепций, и, в то же время, они были достаточно открытыми, чтобы новые поколения ученых могли в их рамках найти для себя нерешенные проблемы любого вида.

#

# 2. 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.

## 2.1 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».

## 2.2 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. 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.

## 2.3 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.

### **2.3.1 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*)<< 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.).

### **2.3.2 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.

### **2.3.3 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».

#

# 3. 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.

## 3.1 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.

## 3.2 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.

#

# Заключение

Концепция научных революций Куна представляет собой достаточно спорный взгляд на развитие науки. На первый взгляд, Кун не открывает ничего нового, о наличии в развитии науки нормальных и революционных периодов говорили многие авторы. В чем же особенность философских взглядов Куна на развитие научного знания?

Во-первых, Кун представляет целостную концепцию развития науки, а не ограничивается описанием тех или иных событий из истории науки. Эта концепция решительно порывает с целым рядом старых традиций в философии науки.

Во-вторых, в своей концепции Кун решительно отвергает позитивизм – господствующее в с конца XIX века течение в философии науки. В противоположность позитивисткой позиции в центре внимания Куна не анализ готовых структур научного знания, а раскрытие механизма развития науки, т.е., по существу, исследование движения научного знания.

#

# Литература

1. Т. Кун. Структура научных революций. М., Прогресс, 1975