

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е.Алексеева

Б.В.Булюбаш

История естествознания от Античности до Ньютона

Рекомендовано Ученым Советом
Нижегородского государственного технического университета
в качестве учебного пособия
для студентов специальностей

Нижний Новгород, 2007

ВВЕДЕНИЕ

. Существующий в современном обществе разрыв между "двумя культурами" - знанием естественнонаучным и знанием гуманитарным – хорошо известен. Одной из немногих научных дисциплин, существующих на границе этих двух культур, является история науки и именно поэтому ей отведена значительная часть курса "Концепции современного естествознания", являющегося в настоящее время обязательным для учебных планов гуманитарных и социально – экономических специальностей высших учебных заведений.

Предлагаемое вашему вниманию пособие не претендует на полноту изложения и в значительной степени носит информационно - справочный характер. При этом относительно много места в пособии отведено средним векам и эпохе Возрождения, поскольку именно в XIII - XVI веках, в теологических спорах и алхимических опытах формировался рациональный метод современной науки.

Отдельная глава пособия посвящена Иоганну Кеплеру, так как в истории открытия им законов движения планет вокруг Солнца была исключительно велика роль бессознательного и внелогического. Благодаря этому фигура Кеплера весьма привлекательна для специалистов в области психологии научного творчества.

По той же причине современные исследователи творчества Исаака Ньютона стремятся в максимально возможной степени учесть ту сторону деятельности великого физика и математика, которая совсем еще недавно считалась маргинальной – а именно, его работу в области алхимии и богословия. В главе, посвященной Исааку Ньютону, автор стремился представить современный взгляд на выдающегося ученого – иными словами, рассказать о его интересах "за пределами" естественных наук.

Отметим, что во всех главах пособия представлена позиция современной науки в отношении проблем, актуальных на том или ином этапе развития естественнонаучного знания. В пособии также широко представлены исследования современных российских и зарубежных историков науки. При этом не следует забывать, что история науки допускает разные интерпретации одних и тех же событий.

Особое внимание в пособии уделено социальному и культурному контексту истории естествознания. В некоторых главах обсуждение этих вопросов выделено в отдельные разделы. В первой главе это параграф "Холизм и редукционизм", в третьей главе - параграфы "Духовный гелиоцентризм" и "Эксперимент и чудо", в четвертой главе – "Кеплер и астрология", в шестой главе - "Дело Галилея", в седьмой - "Ньютон и развитие социально – экономических наук", "Ньютон и алхимия", "История естествознания...без Ньютона". Социокультурным аспектам истории науки посвящена в основной своей части и заключительная глава пособия.

Отзывы и пожелания по содержанию пособия можно направлять автору по адресу borisbu@sandy.ru .

ГЛАВА I. НАУКА АНТИЧНОСТИ

Известно несколько великих цивилизаций древности: Индия, Китай, Египет, Вавилон и Греция. Так, древние китайцы изобрели порох, компас, фарфор, бумагу. Известно также, что математики Египта и Вавилонии умели производить сложные геометрические построения и описывать движения планет. В то же время практически каждая книга по истории человеческой мысли науки начинается с рассказа об Аристотеле и Платоне, о Демократе и Эпикуре, о Пифагоре и Архимеде – о философах и математиках Древней Греции. В конце данного очерка мы попытаемся ответить на вопрос : почему именно с Древней Греции начинает свой отсчет событий история науки?

Не претендуя на полноту, опишем кратко основные идеи, которые были высказаны представителями античной науки и которые оказали влияние на последующее развитие естествознания. Для своего рассказа мы выбрали четырех представителей античной науки: Пифагора, Платона, Демокрита и Аристотеля.

Пифагор

Жил в 6 веке до нашей эры, имел множество последователей и пытался с помощью математики объяснить природу мироздания. Пифагорейская математика не выходила за пределы арифметики, в то же время тезис пифагорейцев "все вещи суть числа" означал в сущности выход за пределы *эмпирических законов науки*.

Вначале пифагорейцы имели дело только с целыми числами. Связано это было с тем, что числа представлялись камешками, раскладываемыми на песке. Заметим, что именно поэтому в пифагорейской математике отсутствовало понятие нуля – ведь его нельзя увидеть !

Среди прочих особо выделялись числа 4 и 10. Действительно, можно выделить четыре геометрических элемента – точку (1), линию (2), поверхность (3) и тело (4). Также и физических элементов, считали пифагорейцы, существует четыре – огонь, воздух, земля вода. Сумма же всех целых чисел от нуля до четырех составляла священное число 10

Пифагореец Филолай построил и разработал систему мироздания, в центре которого находился "центральный огонь", вокруг центрального огня вращались прозрачные сферы, к которым прикреплены Земля. Луна,

Солнце, Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн. Границы мироздания определяет сфера неподвижных звезд. Между Землей и "центральным огнем" Филолай помещает придуманную им Противоземлю. Считается, что Противоземля как раз и была введена в систему мироздания, чтобы число сфер равнялось ровно десяти. Модель Филолая была резким отходом от эмпирических закономерностей, поскольку повседневный опыт свидетельствовал о неподвижности Земли.

Несоизмеримость. Отход от наглядного представления чисел количеством камешков был связан с открытием несоизмеримости. Напомним, что несоизмеримость диагонали квадрата и его стороны означает, что отношение их длин не может быть представлено как отношение целых чисел (если сторона квадрата равна единице, то диагональ измеряется иррациональным числом $\sqrt{2}$). А следовательно, у диагонали и стороны квадрата нет общей меры. Некоторые источники сообщают, что несоизмеримость была открыта самим Пифагором и что открытие это достаточно долго держалось в тайне. Причина очевидна – если уж для элементарных геометрических объектов отношение длин не равно отношению целых чисел, то терпит крах и общее утверждение пифагорейцев, что весь мир в целом является гармонией и числом. При этом поиски целочисленных закономерностей достаточно долго вдохновляли ученых. Достаточно сказать о поклоннике Пифагора гимназическом учителе математики Иоганне Бальмере (1825–1898), эмпирическим путем подобравшего формулу, описывающую частоты спектральных линий водорода. Спустя несколько десятилетий оказалось, что именно эта формула – *формула Бальмера* – следует из разработанной Нильсом Бором (1885–1962) теории водородоподобных атомов.

После открытия несоизмеримости пифагорейцы стали представлять числа в виде отрезков. И именно это сделало возможным в последующем появление в математике числовой оси, графического описания процессов и явлений.

Пифагор был достаточно загадочной личностью, многие сведения о его жизни не вполне достоверны. Известно, однако, что он верил в переселение душ и в то, что душа бессмертна. По некоторым свидетельствам, Пифагор произносил проповеди перед животными.

Атомы Демокрита и геометрические атомы Платона

Атомистика – выдающееся достижение древнегреческой науки. Сам факт появления учения об атомах – свидетельство того, что уровень абстрактного мышления античных философов был достаточно высоким. Действительно, атомы лежат за пределами нашего восприятия, мы не можем их ни увидеть, ни услышать. Атомистические представления не могут возникнуть и из мифа, поскольку миф всегда использует наглядные образы.

В связи с теорией атомов мы должны в первую очередь назвать имена Левкиппа, (5 в. до н.э.) его ученика Демокрита (460 – 370 гг. до н.э.) и Эпикура (342 -271 г. до н.э.). Что же такое атомы ? Согласно Демокриту, это неделимые первоначала. Атом неизменен, не может возникать или исчезать, он неделим. Атомы отличаются друг от друга по форме, по положению и сочетанию. Добавим, что атомы находятся в непрерывном движении и находились в этом движении всегда. Очень важным было допущение Левкиппа о существовании пустоты. Пустота разъединяла атомы и давал им возможность перемещаться друг относительно друга. Заметим, что представление о пустоте в не меньшей степени, чем представление об атоме, свидетельствует о высоком уровне абстракции древнегреческой науки.

Весьма важно также и то, что в пустоте нет выделенных направлений; иными словами, Левкипп и Демокрит осознавали относительность понятий "верх" и "низ". Это положение оказало заметное влияние на развитие науки, поскольку евклидова геометрия и система координат предполагает, естественно, равноправность всех направлений в пространстве.

Атомистика Демокрита никоим образом не сводится к чисто физической атомистике, Демокрит верил также и в существование минимальных, далее неделимых элементов пространства. В этом основное, пожалуй, различие между атомистикой античности и современным представлением об атомах. Действительно, неотъемлемой частью школьной математики является допущение непрерывно меняющихся величин. Заметим, однако, что тема минимальной длины широко обсуждается физиками. Основным претендентом на эту роль является так называемая "планковская длина"

В двадцатом столетии особый интерес вызывает дополнение к образу атома, которое внес Эпикур. Римский поэт и философ Лукреций Кар (99 – 55 гг. до.н.э.), описывая атомистику Эпикура в поэме "О природе вещей", пишет о введенном им спонтанном отклонении от траектории, которое происходит с атомом случайно, в неопределенный момент времени и в неопределенном месте. Среди прочего, Эпикур таким образом "объясняет" на микроуровне наличие у живых существ свободы воли.

Современные историк науки видят в спонтанных отклонениях Эпикура прообраз флуктуаций – самопроизвольных отклонений физических величин от их средних значений. В некоторых случаях, когда система состоит из большого числа элементов, флуктуации могут усиливаться; об усилении флуктуаций пишет, в частности, один из основателей теории самоорганизации нобелевский лауреат по химии Илья Пригожин. Именно в этом смысле, считает он, возможно говорить о факторе случайности в поведении больших систем – как физических, так и социальных.

По поводу древнегреческой атомистики неоднократно высказывался один из создателей квантовой физики Вернер Гейзенберг (1901 - 1976). Он, в частности, заметил, что современную физику идея неделимого атома не устраивает. К примеру, мы традиционно рассматриваем протон как элементарную частицу и в то же время при столкновении двух протонов

рождается целый спектр других элементарных частиц. Оказывается, что привычное для нас словосочетание "состоит из" (как раз к атомистике Демокрита и восходящее), в современной физике "не работает". В статье " Квантовая теория и истоки учения об атомах" (1959 г.) Гейзенберг пишет об этом достаточно определенно. "Современная физика выступает против положения Демокрита и встает на сторону Платона и пифагорейцев. Элементарные частицы не являются вечными и неразложимыми единицами материи, фактически они могут превращаться друг в друга".

Платон. Платон Афинский (428 – 347) был выдающимся учеником Сократа (470 – 369) и основателем Афинской Академии – широко известного центра философской мысли. Платон был активным противником раннего античного материализма. По мнению Платона, у растений, животных и человека, а также и у небесных светил - Солнца. Луны и звезд – имеется душа. Именно Платон произвел фундаментальное разделение Природы на дух и материю, и дух для него выше материи.

По мнению Платона, происходящее в материальном мире несовершенно и тленно, а в мире идей истины абсолютны и неизменны, и именно мир идей должен быть предметом философского исследования. Развивая идеи пифагорейцев, Платон говорит, что мир идей построен в строгом соответствии с законами математики, и прежде всего геометрии. Соответственно точное знание может быть достигнуто только в отношении мира идей, в отношении же мира материального достижимо лишь знание вероятностное.

Основой учения Платона об элементах являются своеобразные "геометрические атомы". Согласно Платону, существует четыре вида элементов: элементы огня, элементы воздуха, элементы воды, элементы земли. "Единичное тело" каждого элемента образуют правильные многогранники (напомним, что гранями таких многогранников являются правильные многоугольники и что правильных многогранников существует всего пять видов). Из-за своей малости единичные тела невидимы для человеческого глаза. Земле, как самому неподвижному элементу, соответствует куб; огню, как наиболее подвижному – тетраэдр (состоящий из наименьшего числа граней). Элементу воды соответствует икосаэдр (20 граней), воздуху – октаэдр (8 граней). Пятый правильный многогранник – додекаэдр (12 граней) - ближе всех остальных к форме сферы и в учении Платона связан с эфиром.

Сами многогранники "построены" из треугольников, на которые могут быть разложены отдельные грани. Многогранники - элементы Платона могут превращаться друг в друга (за исключением наиболее устойчивых элементов земли), при этом треугольники, из которых они "построены", перестраиваются в новые комбинации, образуя многогранники нового вида.

Треугольники Платона – объекты математические; сами по себе они не существуют. Можно сказать, что. они существуют только в связанном состоянии – как составные элементы граней правильных многогранников.

Именно поэтому допустима аналогия между ними и кварками. Действительно, согласно современным представлениям, многие элементарные частицы (например, протон и нейтрон) "состоят" из так называемых кварков, электрический заряд которых в три раза меньше заряда электрона. Мы взяли слово "состоят" в кавычки, поскольку согласно теории кварков в свободном состоянии они не существуют. Именно в этом смысле и следует понимать аналогию.

При всем том нельзя, разумеется, говорить, что античные мыслители за двадцать с лишним столетий до нас построили атомистическую теорию материи. И дело тут прежде всего в методах познания Природы. Одно из важнейших отличий современного естествознания от древнегреческой философии природы – ориентация на эксперимент. К примеру, с современной точки зрения утверждение о том, что элементарные частицы огня представляют собой тетраэдры, должно быть обязательно подвергнуто экспериментальной проверке. В античной же науке понятие эксперимента отсутствовало в принципе, в последующем мы подробнее обсудим вопрос об отношении античных ученых к измерениям вообще.

Весьма своеобразными были астрономические представления Платона. В полном соответствии с отделением мира идей от мира материального Платон говорит о видимом небе как несовершенном подобии идеальных движений (совершаемом истинными звездами в математически устроенных небесах). Законы именно этих идеальных движений и должна, по его мнению, изучать истинная астрономия. Фигуры же видимые нами на небе надлежит использовать исключительно как чертежи, помогающие отыскивать высшие истины.

Рассказывая об устройстве Космоса, Платон в значительной мере пересказывает идеи пифагорейцев. Именно у него впервые встречается упоминание о "гармонии сфер" – о музыке, звучащей при движении небесных тел. Согласно Платону, музыкальные звуки издают не сами планеты, а сирены, сидящие на орбитах. Гармония состояла в том, что скорости, с которыми движутся светила, относятся друг к другу как гармонические созвучия, как интервалы музыкальной гаммы. Мы не слышим этой музыки, поскольку к ней привыкли наши уши.

Вечен ли Космос Платона? Согласно Платону, вместе с Космосом было создано и время, "подвижный образ вечности".. Итак, платоновское время имеет начало. А конец? Однозначного ответа Платон не дает, хотя и пишет о том, что время должно распасться вместе с небом, добавляя при этом: "если наступит для них распад".

Аристотель

Аристотель (384 – 322 гг. до н.э.) родился в греческом городе Стагире, из-за чего его иногда называют Стагиритом. В течение 20 лет, как и Платон, жил в Афинах. Затем несколько лет был воспитателем Александра Македонского, а в 355 г. до н. э. вернулся в Афины и основал философскую

школу, получившую название перипатетической. Термин это происходил, по-видимому, от греческого названия тенистых аллей, по которым прогуливался Аристотель со своими учениками.

Построенная Аристотелем философия природы определила развитие естествознания на много веков вперед – до XVI века. Отметим, что, в отличие от своих предшественников, Аристотель разделил естествознания на зоологию, ботанику, механику, оптику.

Аристотель отвергает теории, согласно которым мир возник из небытия. Он убежден в существовании вечного движения, которое можно было бы назвать первичным, и логически, и эмпирически (движение небосвода) таким движением может быть только круговое. Причиной этого движения, по Аристотелю, является божественный разум.

В отличие от Платона, Аристотель убежден в том, что те вещи, которые мы воспринимаем чувствами – это и есть окончательная реальность. Каких – либо первоначал, к познанию которых следует стремиться как к окончательной цели, не существует.

Наиболее известными естественнонаучными сочинениями Аристотеля являются трактаты "Физика", "Метеорология", "О небе", "История животных" и "О возникновении животных". В них изложены взгляды Аристотеля на закономерности, действующие в мире живой и неживой природы.

Четыре причины. Весьма важна для Аристотеля концепция четырех причин возникновения и изменения вещей. Эти причины: формальная, материальная, движущая и целевая. Пусть ваятель изготавливает медную статую из куска меди. В процессе работы ваятель придает этому куску форму. Работа ваятеля – иллюстрация **формальной причины** возникновения статуи, причем формальная причина здесь и в других случаях неотделима от целевой (цель ваятеля – изготовить статую). Сам ваятель олицетворяет в то же время **движущую причину**. В примере с изготовлением медной статуи используемый материал – медь – является, конечно же, **материальной причиной**. Если же речь идет о вырастающем из зерна растении, то в этом процессе основная роль принадлежит материальной причине. Материей является и само семя, и питательные вещества, которые семя усваивает из почвы. Современным аналогом материальной причины биологи иногда называют хромосомы, содержащие генетический код. Сам же генетический код – продолжая аналогию с идеями Аристотеля – является своего рода аналогом целесообразности в живой природе. олицетворяет уже **целевую причину**. Целевая причина определяет, ради чего совершается тот или иной процесс (см. выше изготовление статуи), ее Аристотель считает самой важной.

Непрерывность. Аристотель вполне определен в отношении принципа непрерывности, полагая, что все физические величины являются непрерывными. Заметим, что физика отказалась от этой идеи – от принципа непрерывности – только в начале двадцатого столетия, когда была установлена квантовая природа излучения. Стало ясно, что энергию – одну

из основных физических величин – не следует считать непрерывной величиной. В современной физике высказывается предположение, что пространство и время также нельзя считать непрерывными – иначе говоря, что возможно существование "квантов" времени и "квантов" пространства.

Движение. Очень важным для Аристотеля является понятие естественных движений. Естественным он считает, например, вечное круговое движение эфира. Вводит понятие о центре мира и называет "естественным" движение "тяжелых" тел к центру мира, иначе говоря, вниз. Для "легких" тел естественным является движение от центра мира, то есть вверх. На этом основано утверждение Аристотеля, что тяжелые тела "сильнее" стремятся к своему естественному месту, отсюда следовал вывод, что тяжелые тела должны быстрее падать на Землю, нежели легкие. Именно это утверждение было опровергнуто законом свободного падения Галилео Галилея, согласно которому время падения тел на Землю не зависит от их массы. Заметим, что закон свободного падения относится к идеализированной ситуации падения в вакууме, с учетом же силы сопротивления воздуха тяжелое тело действительно упадет на землю раньше легкого.

. К тяжелым элементам Аристотель относит землю и воду, к легким – воздух и огонь. При этом понятия тяжелого и легкого не абсолютные, а относительные. В воздухе сто фунтов дерева тяжелее одного фунта свинца, а в воде – легче, поскольку дерево всплывает, железо же тонет.

Космология Аристотеля. Для Аристотеля Земля являлась шарообразным телом, неподвижным и занимающим центральное положение во Вселенной. Вокруг Земли равномерно вращаются небесные сферы с небесными светилами. Свое завершение геоцентрическая картина мира Аристотеля получила в работах Клавдия Птолемея (87 – 165), и именно система Птолемея считалась непревзойденной вплоть до появления в 1543 г. работ Николая Коперника, в которых предлагалась иная, гелиоцентрическая система мира..

Весьма важно, что античные ученые в астрономии видели "настоящую науку", противопоставляя ее описаниям процессов, происходящих на Земле. Только астрономия была логически выстроена и математически изложена и только в процессе астрономических наблюдений проводились точные расчеты и наблюдения. В отношении же земной действительности греческая наука была приблизительна. Как писал в связи с этим выдающийся историк науки Александр Койре, "повседневная действительность, в которой мы живем и действуем, не является ни математической ни математизируемой. Это область подвижного, неточного, где царит "более" или "менее", "почти", "около того" и "приблизительно". Почти все измерительные инструменты древних греков были предназначены для наблюдения за небесными явлениями (исключением был теодолит - для измерения углов, а также весы - для взвешивания драгоценных металлов). По-видимому, приблизительность

науки в древней Греции и стала одной из причин того, что из нее не выросла развитая технологическая культура.

Биология Аристотеля. Именно Аристотель предложил первую классификацию живых существ. Небезынтересно, что обоснование этой классификации он привел в трактате "Политика", рассматривая различные типы государственного устройства. Известный историк античной науки И.Д.Рожанский, называя Аристотеля великим биологом, намного опередившим свое время, отмечает: "основная ошибка Аристотеля состояла в том, что закономерности, открытые в ходе изучения жизнедеятельности живых существ, были распространены им также и на сферу неживой природы". В первую очередь Рожанский имеет в виду концепцию целевой причины. По словам самого Аристотеля, "...не случайность, но целесообразность присутствует во всех произведениях природы..."

Наука на Востоке и на Западе. Холизм и редукционизм

Хорошо известно, что в древнем Китае были изобретены порох, бумага и компас и что древнекитайская цивилизация достигла высокого уровня развития. Высокого уровня развития достигли и древние цивилизации Индии и Китая. Тем не менее истоки современной науки связывают исключительно с наукой античности – с наукой древней Греции. Почему? Ответ на этот вопрос связан с фундаментальными различиями между европейским и восточным стилями мышления. Попробуем проиллюстрировать это различие на вполне конкретном примере двух знаменитых трактатов по геометрии – "Начал" Евклида и древнекитайского геометрического трактата "Математика в девяти книгах".

Трактат "Математика в девяти книгах" представлял собой собрание большого числа практических геометрических (землемерных) задач. Напротив, "Геометрия" Евклида представляла собой свод теорем, оперировавших с абстрактными треугольниками, окружностями, плоскостями и т.д. Решение же прикладных задач рассматривалось как частные случаи приложения теорем и системы доказательств.. Абстрактный характер геометрии Евклида, выстроенная им система доказательств оказались для развития науки существенно более важными значимыми, нежели описанный в древнекитайском трактате большой массив прикладных задач. Именно евклидова геометрия стала образцом научной теории (заметим, что свое главное сочинение Рене Декарт назвал "*Начала философии*", а Исаак Ньютон – "*Математические начала натуральной философии*"). Но как различие двух геометрических трактатов связано с различием двух способов восприятия мира? В традиционной китайской культуре мир, который мы мыслим и мир, который мы ощущаем, друг от друга не отделены. В античной культуре мир идей, постигаемый умом, предпочтительнее мира ощущений.

В настоящее время различие между восточным и европейским стилем мышления обычно связывают с холистическим и редукционистским

подходами. В рамках холистического подхода (в переводе с английского whole – целый) целое рассматривается как нечто большее, нежели сумма составляющих его частей. Редукционистский же подход предполагает, что поведение системы всегда можно объяснить свойствами и взаимодействием частей, на которые может быть разделена система.; в рамках такого подхода поведение системы принципиально предсказуемо и ее свойства объясняются через систему причинно-следственных связей. К холистическим можно отнести методы лечения, предлагаемые традиционной китайской медициной – например, акупунктуру. Врачи древнего Китая не использовали анатомические карты, для них человеческий организм представлялся сложной системой, в которой каждый элемент выполняет определенную задачу, обусловленную циркуляцией по организму космической энергии...заболевания организма представлялись нарушениями ритма движения инь и янь. От врача требовалось восстановить этот ритм различными методиками.

Можно также сравнить греческую математику и математику вавилонян. За тысячу лет до Пифагора в Вавилоне существовало развитая культура арифметических вычислений. Однако математика в Вавилоне была исключительно прикладной и излагалась на уровне инструкций. В математических текстах вавилонян не было никаких доказательств. Греки же вкладывали, как уже было сказано выше, в понятие числа религиозно – философский смысл, Заметим. также, что в древней Греции различалось искусство счета (логистика) и собственно "математика".

. В настоящее время к редукционистским можно, по-видимому, отнести модели , которые связывают истощение озонового слоя исключительно с возрастанием выбросов хлорфторуглеродов. Иная интерпретация этого явления – когда оно рассматривается в контексте сложных естественных процессов в атмосфере и гидросфере Земли без выделения однозначной причинно-следственной связи – в большей степени соответствует холистическому подходу.

Закон Природы : от Античности к Новому времени

Эволюция, которую претерпело представление о законе природы со времен Античности, становится особенно наглядной, если обратиться к трудам Платона. В классификации Платона физика как наука об изменчивой Природе менее значима по сравнению с арифметикой и геометрией. Знание о природе допускалось в виде мнений (но не законов) большей или меньшей правдоподобности. Соответственно законы природы для Платона были связаны с чисто математическими понятиями и, к примеру, логические аргументы геометрии выглядели столь убедительно, что бог Платону представлялся великим математиком.

Современное представление о законе природы сформировалось только в XVII веке, после выхода в свет работ Галилея и Ньютона. Как известно,

заметное место в трудах Галилея занимал анализ экспериментов (в том числе экспериментов мысленных). Появление этих работ свидетельствовало о превращении естествознания в экспериментальную науку. Внимание Галилея было обращено не на общие законы (что характерно для науки Античности), но на частные закономерности (колебания маятника, свободное падение). Только после установления частных закономерностей в естествознании Нового времени формулируются законы Природы.

Весьма существенно также и то, что законы, установленные в работах Галилея и Ньютона (законы движения Ньютона, принцип инерции Галилея), определяли характер изменения параметров изучаемого явления во времени. Для Платона же законы не были связаны с какими-либо изменениями во времени, поскольку само понятие времени в естествознании сложилось существенно позже. Основополагающим для Платона было понятие симметрии – круговой симметрии либо симметрии правильных многогранников.

Вопросы:

1. Какая из цифр отсутствовала в математике Пифагора ?
2. Укажите сходства и различия в образе атома у Демокрита и Платона.
3. В каком смысле допустимо сопоставлять идеи, высказывавшиеся учеными античности и идеи современного естествознания ? Какие аналогии можно провести между идеями античной науки и современной физикой, астрономией и биологией ?
4. В чем состояло основное различие между античной наукой и наукой древнего Китая ? Какое значение это различие имеет для современного естествознания ?
5. Дайте краткую характеристику аристотелевских "причин возникновения и изменения вещей".
6. Опишите кратко космологические представления Платона и Аристотеля.
7. В чем отличалось представление о законе природы в Античности и в Новое время ?
8. Что такое "холистический" и "редукционистский" подходы ? Какое отношение они имеют к развитию науки в разных странах мира ?

ГЛАВА II. НАУКА СРЕДНИХ ВЕКОВ

Периоду средневековья в историко – научной литературе уделяется в последние десятилетия все большее внимание. Предметом тщательного изучения становятся философские трактаты, написанные с V по XIV век. В сложных логических и теологических дискуссиях историк пытаются отыскать истоки научной революции XVII века, культурную "почву", взрастившую Галилея и Ньютона.

Заметное ускорение научно-технического развития на средневековом Западе началось в XII веке, что было связано с крестовыми походами, и, как следствие, тесным соприкосновением Запада с Востоком. В это время интенсивно растут города, увеличивается денежный обмен, развиваются средства сообщения. Примерно в это же время в повседневную жизнь проникают технические новшества, что называют иногда средневековой технологической революцией. Появляется тяжелый колесный плуг, вслед за ним – приспособления, позволяющие выстраивать лошадей цугом. Начиная с IX века в хозяйственной жизни стали использоваться водяные мельницы, несколько позже – ветряные. К примеру, в XIII веке только в окрестностях французского города Ипра их насчитывается не менее 120.

Центрами технологических преобразований были в средние века исключительно монастыри. Соответствующая деятельность имела вполне разумное "идеологическое" обоснование, поскольку библейское изречение "В поте лица твоего будешь есть хлеб" интерпретировалось как указание на необходимость трудиться так, чтобы не бують в тягость другим людям. Заметим, что некоторые монахи считали при этом, что чрезмерная хозяйственная деятельность отвлекает человека от духовных устремлений.

Примерно в X веке в церквях христианского Запада стали появляться механические устройства – орган и часы. Иногда для подачи воздуха в органные трубы использовались водяные мельницы.

Заметим, что в средние века в Германии начинает развиваться горнорудное дело: в X в. появляются серебряно-свинцовые рудники, с XIII в. начинается добыча олова, а в XIII в. в горном деле начинают применять порох во взрывных работах.

Одной из причин развития научного знания в Средние века стало распространение практики массовых религиозных проповедей. Для проповеди необходимо было обладать достаточно высоким образовательным уровнем. Чему же учили в монастырской школе X века? Формальным искусствам: грамматике, риторике и логике; реальным искусствам: арифметике, музыке, геометрии.

Аристотель и Платон: влияние на образование

Наиболее известным в средние века представителем древнегреческой науки был Аристотель, поскольку в его трудах была представлена медицина, математика, этика, политика, логика, физика и астрономия. Для средневековья, особенно для раннего, "Аристотель стал представителем истины, вершиной и образцом совершенства человеческой природы" (Александр Койре). В частности, переработку и комментарии трудов Аристотеля осуществил знаменитый ученый – энциклопедист Алберт фон Больштадт, известный как Алберт Великий. Платон был значительно менее известен. Отчасти это было связано с формой диалога, в которой были написаны труды Платона. Такая форма изложения была малопривлекательна к изучению в средневековых учебных заведениях. Тем не менее

математический атомизм Платона, сводивший объяснений явлений к анализу различных сочетаний элементарных треугольников, был весьма популярен в средние века. Именно эти идеи Платона вдохновляли средневековых алхимиков, стремившихся найти способ взаимного превращения металлов друг в друга.

Начиная с XIII века влияние Аристотеля стало беспокоить церковные власти и в 1210 году они запрещают изучение физики Аристотеля. О причинах такого запрета Александр Койре пишет: "Аристотель изучает не душу, а мир, физику, естественные науки..."

В то же время в 1254 г. университет Парижа одобрил полное издание трудов Аристотеля. Это решение не вызывает репрессий со стороны церкви, поскольку, изучая Аристотеля, ни студенты, ни профессора не переключались на исследование Природы; в действительности они занимались изучением текстов самого Аристотеля. В XIII в. переводятся на латынь с греческого труды великих ученых античности: Евклида. Архимеда, Птолемея. В том же столетии образовательные центры смещаются из монастырей в первые университеты в Болонье, Париже, Неаполе. Оксфорде.

Роджер Бэкон

Наиболее известным мыслителем Оксфорда был Роджер Бэкон (1214 – 1292). Математику Бэкон определял как "врата и ключ" прочих наук. Магии он противопоставлял эксперимент, заявляя, что в экспериментах необходимо в максимальной степени стремиться подражать природе. При этом Бэкон критиковал характерную для средневековой философии ориентацию на авторитеты, из-за чего и лишился должности профессора Оксфорда. Бэкон обладал необычайным воображением, он предсказывал создание аппарата, позволяющего летать по воздуху подобно птицам; изобретение приборов, с помощью которых можно будет читать мельчайшие буквы с невероятного расстояния и пересчитывать пылинки и песчинки. Для этого времени подобные рассуждения о будущем были ошеломляющими. Известно также, что Бэкон рекомендовал имеющим слабое зрение использовать выпуклые стекла (при этом остается неизвестным имя человека, впервые предложившего прикладывать выпуклые и вогнутые стекла к глазам; известно лишь, что произошло это в конце XIII столетия).

Науки о жизни в Средние века

В средние века человек воспринимал природу как своего рода символ происходящего в мире божественного. Например, авторы сочинений о живой природе рассматривали растение или животное исключительно в качестве символов. Драконы, змеи и медведи были символом дьявола,

голубь – Святого духа. Виноградная лоза была символом Христа. В текстах средневековых мыслителей достаточно трудно найти собственно биологические сведения, их основное содержание – комментарии трактатов классиков и разного рода системы классификаций.

Вопрос о вечности Вселенной

В XIII веке философы делают попытки отделить друг от друга две области знания: область естественного разума, который рассуждает, сообразуясь исключительно с законами логики, и область "откровения", ориентированного исключительно на знание Священного писания на постановления церковных соборов, при этом предполагалось, что логические выстроенные рассуждения "естественного разума" не должны противоречить основным истинам веры.

Фома Аквинский (1225 – 1274) – ученик Альберта Великого, известный алхимик и просветитель - пропагандируя труды Аристотеля, одновременно выступает в роли конструктивного критика. Так, Фома обсуждает аргументы Аристотеля, с помощью которых тот доказывает, что Вселенная не может быть сотворена и что она не может исчезнуть. Аристотель считает мир неуничтожимым, поскольку облик небосвода остается неизменным, и неизменным же остается его движение. Если же допустить, что небосвод вращается с ускорением, то за достаточно большое время скорость небосвода станет или бесконечно большой, или равной нулю. И то и другое невозможно. Фома Аквинский, не соглашаясь с аргументацией Аристотеля в этом пункте, предполагает в качестве возможного вариант, при котором скорость вращения небосвода асимптотически возрастает или убывает, приближаясь при этом к некоторой постоянной величине. Чем интересен этот аргумент ? Тем, что Фома демонстрирует несостоятельность многих рассуждений Аристотеля, допуская лишь два типа зависимости между физическими величинами : прямую и обратную пропорциональность.

Фома обсуждает вопрос о том, можно ли вообще доказать, что мир был сотворен, и приходит к выводу, что доказать это невозможно. В широко известном в Средние века труде "Сумма теологии" Фома пишет : "Возражают, что если бы мир был сотворен в определенный момент времени, то до сотворения мира на его месте должен бы существовать вакуум, но поскольку вакуум не может существовать в природе, то мир не мог быть сотворен во времени...На это следует отвечать, что вакуум есть пространство, способное вместить тело. Но не должно полагать существования какого-либо пространства до сотворения мира". Последнее замечание Фомы Аквинского звучит вполне современно, если вспомнить слова Альберта Эйнштейна : "...следует считать, что если материя исчезнет, то время и материя исчезнут вместе с ней. "

Бритва Оккама

"Бритва Оккама" - широко известное в истории и методологии науки положение, согласно которому любое научное высказывание должно быть сформулировано с максимально возможной ясностью. Иначе говоря, все

лишнее в высказывании должно быть срезано "бритвой Оккама". Уильям Оккам (ум. В 1349 г.) был весьма заметной фигурой среди философов 14 столетия. Известно, что оно активно выступал против вмешательства теологов в обсуждение физических вопросов.

Те понятия, которые невозможно свести к интуитивному знанию и которые нельзя соотнести с каким –либо опытом, следует исключить из употребления. Именно это утверждал Оккам и именно этот принцип известен в настоящее время как "бритва Оккама". Этот принцип Оккам противопоставлял широко распространенной среди его современников практике введения разного рода "форм", "сущностей" и "скрытых качеств".

Николай Орем

Николай Орем (1323 – 1382) первым перевел сочинения Аристотеля с латыни на французский язык, способствуя тем самым распространению науки за пределы монастырской общины. Он также впервые использовал графический метод при анализе движения и с его помощью доказал, что равнопеременное движение эквивалентно равномерному, происходящему со средней скоростью. Отметим также, что Орем пытался ввести понятие ускорения и сформулировать закон падения тел.

Он также сделал необычайно смелое для средневекового мыслителя предложение - *мысленно* остановить вращение небосвода. Фактически его интересовал вопрос : можно отождествить вращение небесной сферы *со временем*, или же корректнее говорить, что вращение небесной сферы происходит *во времени* ? По мнению Орема, из того факта, что мы вообще может представить себе остановившуюся небесную сферу, следует, что мы сохраняем ощущение потока времени. А следовательно, отождествлять течение времени и вращение небесной сферы нельзя.

Размышления о времени мы находим и у современника Орема Николя Бонета. Он вводит представление о математическом времени и о физическом времени. "Математик рассматривает время, отвлекая его от самого мира и от самого себя" Физическое время, напротив, для каждого движения свое. .

Оптика средневековья

По словам Роджера Бэкона, для достижения совершенства в науке недостаточно ощущений, требуется еще "внутреннее озарение". Интерес к такому "метафизическому свету" был одним из стимулов к собственно оптическим исследованиям и в среднике венка в этой области были получены весьма значимые для того времени результаты. оптике, ученые средневекового Востока построили теорию возникновения изображения в человеческом глазу. Какие достижения были сделаны в этой области в средние века ? Прежде всего следует сказать об исследованиях радуги. В этих исследованиях фактически был получен спектр Солнца, при этом возникновение спектральных цветов связывалось с "модификациями" белого света при разных углах преломления. Мы видим здесь вполне отчетливое предвосхищение открытий оптики XVIII века.

Роджер Бэкон и его коллега по Оксфорду Роберт Большоголовый (1175 – 1253) воспринимали оптику несколько иначе. Они рассматривали световые лучи, распространяющиеся из одной точки, анализировали понятие о "световой сфере" (в современной интерпретации это - фронт световой волны) и, стремясь сделать его максимально широким, ввели понятие "силовой сферы".

Качественные размышления о сфере сил оказались весьма ценными спустя три с лишним столетия, когда Иоганн Кеплер проанализировал распространение света от точечного источника света. Результатом кеплеровского анализа стал вполне количественный результат: освещенность убывает обратно пропорционально площади сферы, центром которой является точечный источник. Или, другими словами, обратно пропорционально квадрату расстояния от этого источника.

Данте

Итальянский поэт и мыслитель Данте Алигьери (1265 – 1321) излагает свои представления о мироздании в трактатах "Пир" и в знаменитой "Божественной комедии". Он называет Аристотеля "кормчим и руководителем всех людей", развивая идею о "естественных местах"; он принимает модель солнечной системы с покоящейся Землей в центре, оценивая ее диаметр как 6500 миль, а диаметр Солнца как 36 000 миль. Он также анализирует – вслед за Альбертом Великим – влияние солнечного света на разные земные тела: на растения, минералы, камни, золото, человеческие души, на ангелов...

В "Божественной комедии" детально описано устройство Ада и Рая в контексте строения Земли. Текст "Божественной комедии" неоднократно становился предметом специальных научно – философских комментариев. Один из таких комментариев стал в конце XVI века предметом лекций Галилео Галилея.

Вопросы

1. Почему средневековая технологическая революция называется "технологической", а не "научно-технологической"?
2. Какие детали в философских рассуждениях Фомы Аквинского позволяют проводить параллели с современной космологией?
3. В чем состоял мысленный эксперимент Николая Орема, связанный с анализом понятия времени?
4. Какая деятельность философов XIII века соответствовала линии на отделение научных исследований от теологических ?
5. Почему методологический принцип, сформулированный Вильямом Оккамом, получил название "бритвы Оккама"?
6. Как связаны исследования по оптике Роджера Бэкона и Иоганна Кеплера?
7. Опишите роль символов в трактатах средневековых философов о живой природе.

ГЛАВА III. НАУКА ЭПОХИ ВОЗРОЖДЕНИЯ

Общепризнано отношение к Возрождению – XV и XVI векам – исключительно как к периоду развития искусства. Развитию науки в этот период уделяется, как правило, мало внимания. В то же время именно в эти годы происходили существенные перемены в научном мировоззрении, связанные с географическими открытиями, изобретением книгопечатания, с поисками новых путей церковью. Заметим, что в 1475 г. – через двадцать пять лет после изобретения книгопечатания - в библиотеке Ватикана было 2546 томов книг, а всего к началу XVI века было напечатано уже примерно 30 тысяч названий книг. в то же время, характеризуя науку XVI – XVII веков, можно сказать, что магия, каббала и алхимия достаточно мирно уживались с тем, что мы бы сейчас назвали точным естествознанием.

Центральными фигурами науки Возрождения были Николай Кузанский (1401 – 1464), Джордано Бруно (1548 – 1600), Леонардо да Винчи (1452 – 1519), Николай Коперник (1473 – 1543).

Науки о живом

В эпоху Возрождения начинается процесс разделения веры и знания. Знание основывается на наблюдении, описании и графическом изображении, при этом художники высокой квалификации становятся иллюстраторами трудов по анатомии, ботанике и зоологии. Так, например, знаменитый немецкий художник Альбрехт Дюрер (1471 – 1528) был в то же время натуралистом, известны его многочисленные иллюстрации по ботанике. И именно Дюреру принадлежат фантастические с современной точки зрения высказывания о том, что при падении листья деревьев могут

превращаться в рыб, или в птиц – в зависимости от того, куда именно они упадут.. Вообще собирание гербариев и чучел животных становится все более популярным занятием. Действительно, вслед за экспедициями Колумба, Васко де Гама и Магеллана в Европе появляются новые виды растений. В распоряжении образованных европейцев оказывается в том числе уникальный материал о жизни обезьян, а их явное сходство с человеком подрывает антропоцентрические установки христианской церкви.

Один из методов изучения природы состоял в том, что у разных объектов живого мира выявлялись сходства, и на этом основании делался о родственности этих объектов. Например, схожесть в строении ореха и головного мозга рассматривалась как свидетельство того, что ядро ореха должно уменьшать внутренние боли головы.

В эпоху Возрождения начинаются анатомические исследования на трупах; в 1543 г. выходит в свет трактат Везалия (1514 – 1564) - лейб-медика императора Карла V – со впечатляющим названием "Фабрика человеческого тела". В трактате содержались детальные описания внутренних органов человека: сердца, мозга, мочеполовой системы и т.д.. Именно эта книга стала предметом специального разбирательства для инквизиционного суда, в итоге признавшим Везалия сумасшедшим.

Следует отметить, что исследователи природы в эпоху Возрождения надежными источниками информации считают в равной мере и данные естественнонаучных наблюдений, и сведения из эзотерических и мифологических источников. Так, Роберт Флудд (1574 – 1637) с одной стороны использует формулы тригонометрии при определении расстояния и конструирует водяные часы, с другой - проводит тщательные вычисления отрицательной силы жизненного духа, покидающего тело в момент смерти (согласно Флудду, на эфирное тело покойника действует сила в 60 фунтов, поднимающая его в сферу Солнца).

Николай Кузанский

Николай Кузанский – Николай Кребс из Кузы, кардинал и епископ бриксенский – получил известность гипотезой бесконечности Вселенной. Из этой гипотезы следовало, что у Вселенной нет центра, а следовательно Земля не занимает привилегированного положения во Вселенной. В этих гипотезах он был непосредственным предшественником Джордано Бруно. Николай Кузанский впервые заговорил об "ученом незнании", заявив, что всякое знание о мире является приблизительным. Кузанский говорит о своеобразии каждой вещи и о том, что своеобразие можно, например, определить через взвешивание. В некотором смысле пристальным вниманием к индивидуальной вещи Николай Кузанский предвосхищал идеи Возрождения с его неослабевающим интересом в неповторимости каждой личности.

Несомненного внимания заслуживают также размышления Николая Кузанского о роли эксперимента в познании природы. Он не ограничивается при этом общефилософскими рассуждениями, рекомендует осуществить вполне конкретные эксперименты: измерить притягивающую силу магнита помощью весов, измерить время падения тел по весу вытекшей из резервуара воды, исследовать падение тел, изготовленных из различных материалов (дерева, камня, свинца). Он предлагает также изучить падение тел одинакового веса и разной формы.

Ф. Розенбергер в своей "Истории физики" пишет об идеях Кузанского: "Они мало-помалу побуждают ученых заняться лично выполнением своих планов вместо того, чтобы отдавать их в руки практиков, и в конце концов приводят к признанию за опытным исследованием научной ценности наряду с философским и математическим методом."

Очень часто метафизические сочинения схоластов XIV и XV веков противопоставляют трудам Галилея, основой которых был научный эксперимент. В то же время именно эти два века в дискуссиях схоластов подготавливалось метафизическое обоснование научной революции XVII века.

Зарождение статистического мировоззрения

Теория вероятностей, к примеру, выросла из задачи о разделении ставок при прерванной игре. Если два игрока прервали игру в кости, как следует разделить между ними сумму выигрыша? Для того, чтобы решать такие задачи, требовалось на философском уровне осознать понятие свободы выбора, свободы безразличия. Вспомним. Что в философии природы Аристотеля очень важным было понятие "целевой причины". И не менее важным – понятие о "естественных местах", к которым движутся тела в соответствии со своей природой (легкие – вверх, тяжелые – вниз). Свобода воли по Аристотелю – это свобода велению естества.

И только в XIV веке свобода воли стала пониматься как свобода безразличия. Основатель ордена иезуитов Игнатий Лойола () советует производящим духовные упражнения: "Не склоняться ни к той, ни к другой стороне, но, занимая середину, наподобие двухчашечных весов, позволить непосредственно взаимодействовать творцу с творением и творению со своим творцом и господом".

Как метод рассуждения статистика стала проникать в науку в XV веке. Так, именно в этом веке появляются общественные банки, одна из основных целей которых – обеспечить кредитами малообеспеченные слои населения. При этом выяснялось, что без высоких процентов за кредиты банки не смогут действовать (обычно взимаемые проценты расходовались на стимулирование богатых вкладчиков, без которых банки не могли существовать). Как пишет российский историк науки Ю.В.Чайковский,

"ссудный процент оказался не продуктом злой воли ростовщика, а статистической закономерностью, с которой невозможно бороться указами. Кроме того, развитое в XV веке страхование имущества также неизбежно стимулировало клиентов к размышлению о частотах, средних величинах, о шансах".

В начале XVII века Фрэнсис Бэкон (1561 – 1626), провозгласивший – на философском уровне – необходимость экспериментального исследования природы, вводит понятие о торговом балансе как об одном из основных показателей экономического процветания государства. В итоге, статистический принцип в конце XVII века понимался, по словам Ю.В.Чайковского, как утверждение о том, что "из хаоса единичных отношений (людей) складываются непреложные законы общества, которые нельзя игнорировать при принятии решений".

Тема "статистического мировоззрения" стала весьма актуальной в двадцатом столетии. Понятия флуктуации, случайности, вероятности становятся центральными понятиями естествознания нашего времени – в первую очередь это касается изучения процессов, протекающих в атмосфере и гидросфере Земли, а также описания разного рода экологических рисков. Только на языке вероятностей может быть описано поведение микрочастиц в рамках квантовой механики.

Леонардо да Винчи

Для Леонардо характерен энциклопедизм, стремление соединить физиологию и механику, анатомию и эмбриологию. Он изучает кристаллы, ископаемые останки, растения, животных... Великолепный рисовальщик, Леонардо создает трактаты по анатомии. При этом анатомические рисунки Леонардо отражают изменения, происходящие в мускулах, нервах, венах во время движения. Более того, он помещает на одном из рисунков руку человека рядом с рукой обезьяны и тем самым обращает внимание на их сходство. При всем том сочинения Леонардо были опубликованы только через 400 лет после его смерти, и, следовательно, на развитие биологии человека в 16 столетии влияния не оказали. Леонардо прославился и как конструктор различных машин и механизмов, в его рукописях обнаружены рисунки парашюта и вертолета.. Леонардо изучал процессы трения, движение падающих тел, волны на воде, капиллярные явления. Историки полагают, что многие идеи Леонардо да Винчи опередили свое время..

Весьма своеобразны представления Леонардо об устройстве Земли. Он считает Землю живым организмом, замечая при этом, что "тело Земли имеет природу рыбы, дельфина или кита, потому что дышит водою вместо воздуха."

Николай Коперник

Центральным событием в развитии науки в эпоху Возрождения стали, безусловно, работы Николая Коперника. Впервые основные положения гелиоцентрической системы мира - в которой Земля вращается вокруг собственной оси и вокруг Солнца - Коперник изложил в 1515 г. в сочинении под названием "Малый комментарий". Напомним, что в то время общепризнанной считалась геоцентрическая система Птолемея. Спустя 27 лет Коперник отправляет в печать трактат "О вращениях небесных сфер", в котором гелиоцентрическая система мира описана максимально подробно. В 1543 г., незадолго до выхода в свет своей книги, Коперник умирает. Широко известным стало предисловие к трактату "О вращениях небесных сфер", написанное лютеранским богословом Осияндером. В этом предисловии читатель предупреждался, что встретится в книге всего лишь с удобной гипотезой, и что с ней не следует связывать реальное устройство Вселенной. В то же время за несколько лет до смерти, в послании папе Павлу III, сам Коперник с определенностью заявляет, что его теория – истинна.

По всей видимости, своим предисловием Осияндер стремился предупредить возможные действия церкви против книги. Существенно, что отношение к Копернику со стороны различных церковных течений были различным. Известно, что католическая церковь относилась к его работам весьма благосклонно; известно также, что отношение к идеям Коперника было резко отрицательным со стороны Лютера и его сторонников. Однако ситуация менялась, и в 1616 году католическая церковь включила труды Коперника в "Индекс запрещенных книг". Причиной такого решения стала активное продвижение идей Коперника монахом Джордано Бруно (казненным по приговору инквизиции в 1600 году) и великим естествоиспытателем Галилео Галилеем (также подвергнутым суду инквизиции). Впоследствии гелиоцентрическая системы была признана католической церковью, и в 1822 году запрет с книг Коперника и сторонников его системы был официально снят.

Какие принципиально новые идеи принесли в астрономию труды Николая Коперника ?. В гелиоцентрической системе Коперника Земля вращалась вокруг собственной оси – тем самым объяснялось суточное изменение звездного неба. В системе Коперника ось вращения Земли оставалась – в процессе орбитального движения вокруг Солнца - параллельной самой себе, тем самым объяснялась смена времен года. Движения всех небесных тел в системе Коперника представляли собой комбинации круговых движений. С формально-математической точки зрения у гелиоцентрической системы Коперника было существенное преимущество перед геоцентрической системой (за которой стоял авторитет Аристотеля) – для объяснения движения всех планет Копернику понадобилось 34 круга вместо 77 в прежней системе.. Заметим также, что в модели Коперника Солнце находилось не в центре планетных орбит, но рядом с ним.

Предложенная Коперником система мира, в центре которой находилось Солнце, представляла собой значительный отход от традиционных представлений; психологически принять его было непросто. В работах знаменитого датского астронома Тихо Браге (1546 – 1601) появилась компромиссная модель, в которой планеты двигались вокруг Солнца, которое, в свою очередь, двигалось по круговой траектории вокруг Земли.

. Большую правдоподобность своей системы Коперник обосновывает тем, что природные тела стремятся к совершенству, целостности, и единству, а символом совершенства в природе ему представляется в первую очередь геометрическая форма сферы. Соответственно сферическая форма Земли естественным образом согласуется с ее круговым движением. В том же духе Коперник отвечал и на заявления своих оппонентов о том, что им абсолютно непонятно, почему Земля (если она действительно движется) не выскальзывает из-под ног. По словам Коперника, находящиеся на Земле люди, и облака и птицы принадлежат природе Земли и принимают участие в ее "естественном" круговом движении. Упоминание "естественных движений" показывает, что Коперник не чужд аргументов Аристотеля. При этом Коперник совершает необычайно значимый логический переход, поскольку его рассуждения относительно сферы и круга относятся в равной степени и к Земле и к ее движению в Космосе. Тем самым Коперник отказывается от противопоставления Земли – подлунного мира – миру надлунному, миру планет и звезд, в котором только и могут происходить совершенные движения. Напомним, что такое противопоставление существовало со времен античности.

Согласно современной картине мира, Земля не обладает какими-либо привилегированными свойствами сравнительно с другими планетами, Солнце – рядовая звезда, а Млечный путь – рядовая галактика. Мы видим, что первый шаг на длительном пути формирования этой картины мира был сделан Николаем Коперником.

Духовный гелиоцентризм

Важно подчеркнуть следующее. Система мира с Землей, помещенной в центре, была очевидна и достаточно наглядна. Напротив, картина мира, в которой в центре помещалось Солнце, предполагала изменения обыденного сознания. Обыденное сознание среди прочего включало в себя и представление о человеке как венце творения. Более того, характерные для средних веков нормы поведения обещали безмятежную жизнь человеку, включенному в естественное течение жизни в русле патриархальных традиций. XVII век был веком социальных потрясений, эпохой перехода к капитализму. Новые этические ориентиры были связаны с реформацией и, как пишет российский историк культуры Л.М.Косарева, с идеей о том, что "все лучшее, значимое, достойное не дано человеку как его прирожденное свойство (напротив, его природа ущербна), но находится вне его, в центре его нравственных устремлений, в божественной воле и может стать его

внутренним достоянием лишь при условии упорного душевно-духовного труда по самосознанию".

В Европе уже был накоплен опыт эзотерических учений, предполагавших специальную работу личности над собой – работу по приближению к состоянию духовного просветления, к духовному Солнцу. Духовный гелиоцентризм был характерен для так называемых герметических наук. К этим наукам относились алхимия, астрология, магия, название же "герметические" связано с именем Гермеса Триждывеличайшего.

Напомним, что в греческой мифологии Гермес – вестник богов, проводник душ умерших; считалось, что он одинаково вхож в оба мира – жизни и смерти. В связи с близостью Гермеса постустороннему миру в период поздней античности возник образ Гермеса Трисмегиста (Триждывеличайшего), именно с этим образом связывались "герметические" науки – иначе говоря, тайные, закрытые, доступные только посвященным.

Герметические науки призваны были предоставить человеку возможность магическим образом очиститься от греховной скверны. Более того, астрология обещала принести знание о будущем, от алхимиков ожидали открытия способов быстрого обогащения, от магии и оккультных наук – знание, сообщающее власть над природой и спасение после смерти.

Тяга к духовному гелиоцентризму подготовила человека европейской культуры к признанию гелиоцентризма физического. Николай Коперник своей системой мира в известном смысле объединил обе разновидности гелиоцентризма. Коперник пишет: "Ведь не напрасно некоторые называют Солнце светильником мира, другие – умом его, а третьи – правителем... Конечно, именно так Солнце, как бы восседая на царском троне, правит обходящей вокруг него семьей светил".

Подобное же объединение духовного и физического гелиоцентризма мы обнаруживаем только у Иоганна Кеплера.

Звездные миры Джордано Бруно

Так или иначе, но опасность, связанную с гелиоцентрической системой, церковь почувствовала только после выхода в свет сочинений Джордано Бруно. Вообще говоря, Бруно не был безоговорочным последователем идей Коперника. Он, однако, был безусловным противником геоцентрической системы мира, и потому его имя всегда стоит рядом с именем Коперника.

Главным тезисом философии Бруно было, по его собственным, зафиксированным следователем инквизиции словам, следующее: "Существует бесконечная Вселенная, созданная бесконечным божественным могуществом. Ибо я считаю недостойным благости и могущества божества мнение, будто оно, обладая способностью создать, кроме этого мира, другой и другие бесконечные миры, создало конечный мир". Сама идея множественности миров не была чем-то очень экзотическим. Но для многих мыслителей античного мира и средневековья "иные миры", о которых они нередко размышляли, находились за

пределами мыслимого нами мира и уж тем более не имели ничего общего с видимыми нами на небе звездами и планетами. Звездное небо воспринималось как принадлежащее только нашему миру. Напротив, Бруно отождествлял звезды и планеты с иными мирами, а звездное небо воспринимал как бесконечную Вселенную.

Чем же не устраивало учение Бруно официальную церковь ? В первую очередь, представлением о душе, согласно которым душа могла свободно перемещаться из одного мира в другой; тем самым оказывалась принципиально возможной связь с иными мирами.

Российский историк науки Ю.Л.Менцин пишет в связи с этим: "...такой душе уже не нужна прежняя церковь (как посредник между принципиально различными земным и небесным мирами), однако самой церкви вряд ли могла понравиться перспектива лишиться человеческих душ, а вместе с ними и прихожан" .

Одной из особенностей истории Джордано Бруно была его отдаленность от той линии развития знания, в которой - как у Коперника – на первое место ставилась математика.

Для Джордано Бруно были, скорее, характерны попытки овладеть тайнами магии, поскольку только в ней он видел возможность реализовать свое стремление установить связи с иными мирами.

Эксперимент и чудо

Представляет большой интерес вопрос об отношении разных ученых Возрождения к эксперименту как к методу исследования природы. Марен Мерсенн (1588 – 1648) - знаменитый "человек – журнал" - считает, что познание Природы предполагает обязательное обращение к опыту для того, чтобы выявить закономерную механическую связь явлений. Российский историк и философ науки В.П.Визгин в связи с этим пишет: "ученый, по Мерсенну, это инженер – механик, конструктор – практик, и в этом он подражает богу – величайшему инженеру, Творцу машины мира". Бог может создать бесконечное множество миров и, чтобы выявить действительное положение вещей, нужен опыт. Забегая вперед, отметим, что такой опыт можно осуществить, в частности, с помощью телескопа Галилея.

Была и иная точка зрения на роль Бога в природных процессах... Вот фрагмент критики выдающегося естествоиспытателя и философа Фрэнсиса Бэкона (1561 – 1626) в адрес знаменитого врача – алхимика Парацельса: "Смешением божественного и естественного, профанного и священного, ересей и мифов ты, о богохульный обманщик, нанес вред сразу и человеческой и религиозной истинам...Если софисты забросили опыт, то ты его предал. Очевидное, добытое из вещей, подобно маске, скрывающей реальность, нуждается в осторожном и тщательном отборе. А ты подчинил его приготовленной заранее схеме истолкования". Почему Фрэнсис Бэкон пишет о "смешении божественного и естественного" и в чем состоят его

разногласия с Парацельсом ? Прояснить вопрос можно только сопоставив отношение сторонников Бэкона и сторонников Парацельса к так называемым "чудесам".

Что причислялось к "чудесам"? Чудом, например, считалось излечение словом...в биографии некоторых чудотворцев указывалась также их способность видеть на огромном расстоянии. Парацельс, которого Фрэнсис Бэкон обвиняет в "смещении божественного и естественного", придерживается концепции **чудодейственности Природы**. Он связывает чудеса с естественными, природными причинами – а в конечном счете, с влиянием звезд . Именно так рассуждали многие натурфилософы эпохи Возрождения, увлекавшиеся магией и астрологией. Именно таким натурфилософом был, кстати, и упоминавшийся уже Роберт Флудд.,... Чудо для сторонников Парацельса – это явление природы, более редкое по сравнению с теми явлениями, которые мы наблюдаем каждый день.

Напротив, Фрэнсис Бэкон представляет точку зрения, согласно которой чудо доступно только Богу – иначе говоря, концепцию **религиозно значимого чуда**. Для него безусловно существуют законы Природы, и эти законы рациональны (такова же позиция Мерсенна). При этом существует и та сфера , в которой проявляет себя Бог. Именно к сфере ответственности Бога и относятся так называемые "чудеса",.. .

Как известно, Возрождение сменилось эпохой Нового времени. Наука Нового времени – наука Галилея и Ньютона - строилась уже с использованием математических моделей и тщательно спланированного эксперимента. Как считает российский историк и философ науки В.П.Визгин, именно тот взгляд на устройство Природы, которого придерживались Фрэнсис Бэкон и Марен Мерсенн , привел в конечном итоге к успехам естествознания Нового времени. И именно такой подход, фактически разводящий знание и веру, позволил естествознанию избежать неразрешимых конфликтов с христианской церковью.

Алхимия

Каковы корни алхимии ? Наибольшими химическими знаниями в древности обладали, по-видимому, египтяне. Речь идет о втором - третьем веках нашей эры. Египтянам были известны те металлы, которые было наиболее легко добывать: золото, серебро, бронза – сплав с оловом .. Были известны способы окраски стекла солями кобальта (в синий цвет) или окиси меди (в зеленый цвет). Возможность изменять цвет воспринималась как алхимическое действие.

Знания, полученные древними цивилизациями, были спасены от забвения арабами. Впоследствии, в период крестовых походов, в Европу проникло большое количество арабских рукописей. Авторами рукописей были и собственно арабские ученые (например, алхимики), и греки (прежде всего, конечно же, Аристотель). Первым крупным алхимиком в Европе считается уже упоминавшийся Альберт Великий. Он тщательно изучил

Аристотеля и впоследствии уже через его собственные работы философия природы Аристотеля получила известность в Европе.

Вообще говоря, в истории алхимии целесообразно выделить две стороны: рационально- практическую и "физико-мистическую".

Рационально – практическая сторона алхимии – это те значимые с точки зрения химии результаты, которые были получены в алхимических опытах. Так, с именем Альберта Великого связывают первое описание мышьяка и его соединений. Развитие химических знаний связано также со следующими событиями. В 1290 г. во Франции открывается первая фабрика стекла, в 1313 г. становится известен рецепт изготовления пороха (авторство приписывается монаху Бертольду Шварцу). В 1378 г. появляются железные ядра для пушек, а в 1386 – описание хлористого кальция. 1405 год вошел в историю как год изобретения первого снаряда и первой гранаты. В 1450 г. в Германии начинают добывать медь.

Все перечисленное представляет алхимию с рационально - практической стороны. Что можно сказать про ее " физико-мистическую" составляющую? Обратимся к В.И.Рабиновичу, крупнейшему российскому специалисту по истории алхимии: " ...В алхимии уникальна лишь одна вещь – золото. Оно уже заложено в каждый металл, но схвачено порчей. От нее-то и надо несовершенный металл освободить" (6). Эту функцию и должен был выполнить знаменитый философский камень. Алхимики считали, что философский камень обладает исключительной силой воздействия. Роджер Бэкон, к примеру, считал, что одна часть философского камня способна превратить в золото миллион частей неблагородного металла. Другой алхимик. Раймонд Луллий (1232 – 1315), полагал, что философский камень – который он называл "драгоценной медициной" – способен превратить в золото количество металла, большее его по весу в четыре триллиона раз. Алхимия рассматривает металл как живой организм, превращение металла в ржавчину описывалось как его смерть, выделение же металла из земли в металлическом виде описывалось как его воскресение, и болезнь его является признаком его жизненности. В некотором смысле становясь началом химии, алхимия в незримой классификации располагается как бы между биологией и физикой.

Самым важным достижением алхимии (или химии) стало открытие серной и азотной кислот – точнее, методов их получения из минералов. После этого химики получили возможность растворять то, что древние греки считали в принципе нерастворимым (поскольку у греков и арабов самой сильной кислотой была уксусная). Однако на самих алхимиков их собственные достижения не производили должного впечатления, они продолжали искать способ получения золота и в результате папа Иоанн XXII - опасавшийся удачи алхимиков – предал в 1347 году алхимию анафеме. В 1689 г. Роберт Бойль (следуя своим идеям корпускулярного строения материи) убеждает английского короля Генриха IV отменить королевский указ, запрещавший алхимикам проводить опыты по превращению одних металлов в другие.

Приблизительно в XVI веке у алхимиков появляются иные цели. Вопрос о нахождении философского камня становится все менее важным; все большее значение приобретает использование знаний алхимиков в медицинских целях, на первый план в их работе выдвигается изготовление лекарств. И только в начале XVIII века химия приобретет статус самостоятельной, отдельной от медицины, науки. Новые задачи химии как рациональной экспериментальной естественнонаучной дисциплины провозгласит Роберт Бойль в 1661 году в ставшем знаменитым трактате "Скептический химик". Заметим, что одна из главных идей трактата: материя состоит из мельчайших частиц – корпускул, а следовательно одни металлы могут превращаться в другие.

К поздним алхимикам обычно относят Теофраста фон Гогенгейма (1493 – 1541), вошедшего в историю под именем Парацельса и Иоганна Глаубера (1604 – 1668). Парацельс был алхимиком - врачом, основоположником ятрохимии; целью алхимии он считал лечение человека. До Парацельса лекарственные средства изготавливались из растительных препаратов, он же верил в эффективность лекарств, сделанных из минералов. Парацельс утверждал, что нашел эликсир жизни. Весьма образную характеристику Парацельса мы находим у В.И.Рабиновича: "Парацельс раздвинул границы естественной магии, прибавил алхимическую терапию и алхимический гипноз, а к первичной материи – живое человеческое тело, которое следует исцелять подобно больному металлу".

Иоганн Глаубер был уже фактически химиком. Врач по образованию, он научился получать соляную кислоту, действуя серной кислотой на поваренную соль. Установив сильное слабительное действие остатка, получавшегося после отгонки кислот (это был сульфат натрия), Глаубер объявил это вещество близким к эликсиру жизни.

Вопросы

1. Какая принципиально новая информация стала доступна естествоиспытателям в эпоху Возрождения?
2. На каком уровне обсуждались статистические понятия в XV – XVI вв?
3. В чем состояли инновационные идеи Николая Кузанского?
4. Каким образом талант художника помог Леонардо да Винчи внести вклад в развитие естественных наук?
5. В чем состояли "эстетические" аргументы Николая Коперника в пользу гелиоцентрической системы мира?
6. Какие особенности мировоззрения Джордано Бруно не соответствовали догматам католической церкви?
7. Как можно определить основные различия между Джордано Бруно и Николаем Коперником в контексте развития естествознания?

8. В чем отличались понятия "чудодейственности Природы" и "религиозно значимого чуда"? Какое значение эти понятия имели для развития естествознания?
9. Какие медицинские метафоры использовали алхимики для интерпретации проводившихся ими исследований?
10. Как менялись со временем цели, к достижению которых стремились алхимики в своих исследованиях?

ГЛАВА IV. НАУКА НОВОГО ВРЕМЕНИ: ИОГАНН КЕПЛЕР

Рассказ о естествознании Нового времени начнем с Кеплера (1571 – 1630). Во-первых, такой выбор оправдан датами выхода в свет многих важных произведений Кеплера – они были опубликованы раньше работ Галилея, Декарта (1596 – 1650) и Ньютона (1643 – 1727). Во-вторых, этот выбор определяется тем, что в работах Кеплера уникальным образом переплетены числовая магия и астрология (характерные для эпохи Средних веков и Возрождения) и понятия науки Нового времени: скорость, период, магнитное взаимодействие.

Жизнь и карьера

Иоганн Кеплер родился 2 декабря 1571 года в деревне близ города Гейм в Германии. В детстве он отличался повышенной болезненностью, и потому часто пропускал школьные занятия. В 1588 году Кеплер поступает на богословский факультет Тюбингенского университета. Почему именно на богословский? Потому что родители Кеплера мечтали увидеть сына обеспеченным носителем духовного знания. На первом курсе богословского факультета изучалась математика. Блестящие способности Кеплера выделяли его среди прочих студентов и на него обратил внимание профессор Местлин.

В частных беседах Местлин познакомил Кеплера с системой Коперника. Склонность Кеплера к этой системе показалась подозрительной богословам, и поэтому, закончив университет, Кеплер отказывается от карьеры священника и в 1594 году занимает должность профессора математики в Граце. Несомненную известность ему приносит сочинение "Космографическая тайна" (иногда ее переводят как "Тайна мироздания"). Кеплер прислал это сочинение Местлину, рассчитывая, что тот поможет напечатать его в Тюбингене. С немалым трудом (изложенная Кеплером теория движения земли, по мнению некоторых богословов Тюбингена, наносила ущерб взглядам, изложенным в Библии) сочинение удалось опубликовать. Благодаря этому Кеплер приобретает известность. И весьма вовремя, так как, будучи протестантом, он подвергался религиозным преследованиям.

Именно известность помогла ему переехать в Прагу и начать совместную работу с Тихо Браге (1546 – 1601). Через два года после этого переезда Тихо Браге умирает, и Кеплер занимает его должность – должность императорского астронома, астролога и алхимика. Этот статус Кеплер сохраняет до 1612 года, постоянно сталкиваясь, несмотря на формально высокий статус, с нерегулярной выплатой жалованья.

Судебный процесс над матерью Кеплера

В 1618 году Катерина Кеплер - мать Иоганна Кеплера – была обвинена в колдовстве. История самого тяжкого в то время обвинения следующая. Катерина Кеплер поссорилась со своей соседкой Урсулой. Прошло некоторое время, соседка заболела, и, желая отомстить Катерине, публично заявила, что Катерина отравила ее неким "колдовским" снадобьем. Заметим, что в то время подобные обвинения были весьма обычным делом... и в образованных и в малообразованных слоях общества существование ведьм и колдунов под сомнение практически никогда не ставилось. Именно в эпоху Возрождения было сожжено наибольшее количество "ведьм". По некоторым оценкам, только в Германии с конца XVI до середины XVII в. казни на костре было подвергнуто около 300 тысяч ведьм.

В 1621 г. защитой Катерины Кеплера на судебном процессе были представлены аргументы, подготовленные в основном самим Кеплером. В

этом крайне важном для него процессе Кеплер выбрал следующую стратегию: подвергать сомнению не факт существования ведьм, но причинно – следственную связь между действиями Катерины Кеплер и иными событиями – например, болезнью ее соседки Урсулы. В роли адвоката Кеплеру удалось добиться успеха, и в 1621 г. его мать была выпущена на свободу. Такой исход был крайне редким событием для подобного рода процессов.

Бог и геометрия

Наиболее важным разделом математики Кеплеру представляется геометрия. Геометрические образы олицетворяют для него высший разум – Бога. Он пишет об этом необычайно эмоционально : "Геометрия существует от сотворения вещей, вечная как вечный дух божий. Геометрия есть сам бог...и служит ему прообразом при сотворении мира. Вместе с образом божьим геометрия вошла в людей и была воспринята ими не только с помощью глаз". При этом сущность Бога для Кеплера символизирует изогнутая поверхность сферы. Прямая линия – несовершенный символ материального мира. "Встречаются" эти два символа в образе окружности: "Окружность одновременно принадлежит и секущей плоскости...и усеченной сфере, будучи местом их встречи".

Для нас, воспитанных в духе естествознания Галилея и Ньютона естествознания Нового времени, символы Кеплера непривычны и непонятны. Но уникальность личности Кеплера в том, что мы получаем возможность проследить в его высказываниях переход от мышления средневекового к мышлению XVII века", Действительно, символы Кеплера соответствуют средневековому учению о знаке вещей. Внешняя форма вещей, согласно "учению о знаке", проявляет их скрытую сущность, скрытый смысл.

Геометрическая модель Солнечной системы

Обратимся к "Космографической тайне". Что нового было предложено Кеплером в этом сочинении для раскрытия тайн мироздания ? Отметим, во-первых, что полное название сочинения уже сообщает некоторую информацию о его содержании: "Предвестник космологического очерка, который содержит тайну Вселенной. Об удивительной пропорции небесных сфер и об истинной и особенной причине числа, размеров и периодических движений небес, установленной посредством пяти правильных астрономических тел". В это время было известно о существовании помимо Земли пяти планет Солнечной системы – Меркурия, Венеры, Марса . Юпитера и Сатурна. (Уран был открыт в конце 18 века, и Нептун – в начале девятнадцатого; Плутон, открытый уже в двадцатом столетии, в 2006 году был исключен по решению Международного Астрономического союза из числа планет и переведен в разряд карликовых планет). Кеплер

пытался найти закономерность в расстояниях этих планет от Солнца. Согласно Кеплеру, радиусы орбит планет совпадают с радиусами сфер, связанных с правильными многогранниками. Напомним, что правильными называют многогранники, гранями которых являются правильные многоугольники (таких многогранников существует пять видов – см. параграф "Многогранники Платона").

Приведем описание модели Кеплера из "Истории физики" Ф. Розенбергера. "Представим себе, что вокруг Солнца описан шар, проходящий через Меркурий; если вокруг этого шара мы опишем правильный октаэдр, а вокруг последнего опять шар, то на поверхности второго шара опять будет Венера. Описав вокруг последнего шара икосаэдр, мы получим на окружности третьего шара, описанного вокруг икосаэдра, Землю. Идя таким образом все далее и далее и описывая попеременно – додекаэдр, шар, тетраэдр, шар, гексаэдр, шар, увидим, что последние три шаровые поверхности будут последовательно проходить через три остальные планеты – Марс, Юпитер и Сатурн. Построение это только приблизительно отвечает положению двух последних планет и, разумеется, не имеет значения для современной физики ("История физики" Розенбергера написана в конце XIX века – Б.Б.), стремящейся открывать не только закономерности, но и причины последних. Тем не менее оно свидетельствует о поразительной способности Кеплера связывать отдаленнейшие явления и открывать отношения, никому не приходившие на ум. Без этой способности он никогда не пришел бы к своим знаменитым законам планетных движений".

Заметим, что расхождение с размерами орбит (приводимыми в системе мира Коперника) достигает в модели Кеплера 10 процентов. Этот факт, впрочем, его мало смущает, поскольку, в отличие от Коперника, система Кеплера подчинена единому закону построения.

Этот закон построения был по сути дела геометрическим принципом. Напомним, что представление о силе тяготения со стороны Солнца, определяющей движение планет по их орбитам, появилось в физике с законом всемирного тяготения Исаака Ньютона. Что же касается сочинения "Космографическая тайна", то в нем какой-либо закон силы не обсуждается, хотя Кеплер и упоминает и силы магнитного притяжения, возможно, действующих на планеты со стороны Солнца. Заметим, что магнит был в то время весьма распространенным объектом исследования, и в 1600 году вышла в свет ставшая широко известной книга английского врача В. Гильберта (1544 – 1603) "О магните". Вот какие слова написал Кеплер в 1597 году своему учителю Местлину: "Бог, который создал все в этом мире в соответствии с количественными нормами, также наделил человека разумом, который может постичь эти нормы". Более чем через три столетия великий датский физик Нильс Бор (1885 – 1962), создатель квантовой теории атома, напишет: "Интерпретация атомного номера (имеется в виду номер химического элемента – Б.Б.) как числа орбитальных электронов знаменует, можно сказать, важный этап на пути к

осуществлению самой смелой мечты современной науки, а именно на пути к упорядочению природы на основании рассмотрения только чисел. " В действительности у Бора и Кеплера один предшественник – великий древнегреческий мыслитель Пифагор (см. главу "Наука Античности), стремившийся выстроить на числовых закономерностях систему мироздания.

Мы видим, что Кеплер пренебрегает отклонением своей геометрической модели от наблюдений, игнорируя десятипроцентное расхождение и делая, таким образом отчетливый выбор в пользу модели. Оправданием для него может, однако, служить незначительное расхождение теории и астрономических наблюдений. В модели Кеплера присутствовала и отчетливая внелогическая компонента. Так, по его мнению, упоминаемые в модели окружности (траектории движения планет) следует понимать как предельные абстракции, главным образом из-за того, что " ни окружности каких-либо определенных размеров, ни столь несовершенной окружности, какими являются материальные , воспринимаемые окружности, не свойственен образ божьего духа..."

Новая теория движения планет

Занимая в Праге пост императорского математика, Кеплер сталкивался с немалыми трудностями. Начнем с того, что определенное ему жалование было в шесть раз меньше жалования, которое было назначено Тихо Браге. Впрочем, и эта сумма была чисто номинальной, поскольку свое жалование Кеплер смог получить в полном объеме лишь за один год из тридцати, проведенных на службе. Существенные трудности были связаны у него с доступом к журналам наблюдений Тихо Браге. Только в 1604 году удалось заключить соглашение с зятем Тихо, по которому Кеплеру передавалась часть журналов, и он, в свою очередь, обещал не публиковать ничего из содержания журналов до окончания составления планетных таблиц. Для того, чтобы составить точные таблицы, требовалось ни много ни мало разработать новую теорию движения планет. В 1609 году Кеплер публикует сочинение "Новая астрономия". В этой книге он подробно анализирует данные о движении Марса и принимает необычно смелое решение – отказаться от представления о круговых траекториях.

Новая гипотеза Кеплера состояла в том, что планеты движутся по эллиптическим траекториям, в фокусе которых находится Солнце.

Теория и эксперимент

Теоретического обоснования у этой гипотезы быть не могло, оно появилось только в работах Исаака Ньютона в конце 17 века. Окружность и круг были неотъемлемыми элементами всех космологических систем со времен древних греков. У Кеплера образ круговой траектории основывался

на весьма важных для него аргументах религиозно-символического характера. Поэтому гипотеза эллиптических траекторий могла быть обоснована только эмпирически. Подтвердив ее в многочисленных наблюдениях, Кеплер получил возможность сформулировать свой первый закон движения планет вокруг Солнца.

При этом самый авторитетный современник Кеплера – великий Галилей – так и не принял первого закона, для Галилея существенно важнее эмпирических было теоретическое обоснование. В картине мира Галилея идеальным объектом космологии могла быть только окружность, при этом главным аргументом были соображения эстетические, его интерес к гармонии музыкальных произведений, к пропорциям в архитектуре и живописи.

Законы Кеплера. Системный подход

Итак, в "Новой астрономии" впервые была приведена формулировка двух законов Кеплера. Первый закон – планеты движутся по эллипсам, в фокусе которых находится Солнце – уже предполагал, как было сказано, резкий отход от традиций. Действительно, эллипс был известен исключительно как кривая, которая получается как результат сечения конуса плоскостью (другие конические сечения – парабола и гипербола). Ни в одной из естественных наук, помимо геометрии, ни одно из конических сечений не использовалось. Единственной кривой, фигурировавшей в гипотезах и теориях физиков и астрономов, была окружность. Конические сечения исследовали еще античные математики и, таким образом, прошло двадцать веков прежде чем эти математические объекты нашли применение в естествознании. Данный пример – отличная иллюстрация избыточности математики, предмет исследования которой современникам нередко кажется чрезмерно абстрактным, но проходит время – и именно то, что исследовали математики много лет назад, оказывается идеальным инструментом для изучения, к примеру, новой области физики. К примеру, созданная Н.И.Лобачевским (1792 – 1856) геометрия оказалась идеальным математическим языком для общей теории относительности Альберта Эйнштейна.

Второй закон Кеплера называют иногда законом равных площадей. Он утверждает, что радиус - вектор, соединяющий Солнце с движущейся по эллиптической траектории планетой, "заметает" за равные промежутки времени равные площади. Для Кеплера открытие второго закона означало реабилитацию утерянного с первым законом принципа постоянства. Ведь по системе Коперника скорость движения планет по круговой орбите предполагалась постоянной. В системе Кеплера постоянной во времени остается более сложная величина - площадь, "заметаемая" радиус- вектором за единицу времени, так называемая "секторная скорость".

В действительности же Кеплер открыл второй закон раньше первого. Еще в "Космографической тайне" он пытается найти объяснение своим

наблюдениям. Из наблюдений следовало, что скорость планеты на орбите убывает с увеличением расстояния от планеты до Солнца по вполне определенному закону: скорость обратно пропорциональна расстоянию.

Как объясняет Кеплер найденный им закон? Он рассматривает Солнце как центр орбит планет (в "Космографической тайне" Кеплер – еще сторонник круговых траекторий планет) и одновременно как источник света. Основываясь на этом, Кеплер заявляет : "...Предположим – и это весьма вероятно. – что движущая способность ослабевает, распространяясь от Солнца тем же самым образом, что и свет". Далее он использует данные астрономических наблюдений – согласно которым орбиты всех планет лежат практически в одной плоскости – для весьма нетривиального предположения. По его словам, движущейся способности Солнца нет никакой надобности распространяться в пространстве, она распространяется в плоскости.

При удалении от источника света освещенность в точке, находящейся на расстоянии R от источника, обратно пропорциональна R^2 . По аналогии Кеплер предполагает, что движущая сила Солнца ("распространяющаяся в плоскости") убывает обратно пропорционально R . "Сила" же эта, как считает Кеплер, пропорциональна скорости планеты – тут Кеплер остается верен физике Аристотеля. Таким образом, если $F \sim 1/R$ и $F \sim V$, то $V \sim 1/R$.

Из этих формул следует, что произведение скорости на радиус – вектор остается постоянным. Для малых промежутков времени τ произведение $V\tau$ определяет пройденный за это время путь, а произведение пути на радиус-вектор – площадь, которую соединяющий планету с Солнцем радиус – вектор "заметает" за время τ .

Третий закон Кеплера устанавливает, что для всех планет остается постоянным отношение T^2/a^3 , где T – период обращения планеты вокруг Солнца, a – большая ось эллипса. Его формулировка была впервые приведена в сочинении Кеплера "Гармония мира", вышедшем в 1619 году.

Таким образом, Кеплеру удалось найти в движении планет математическую гармонию. При этом установленные им законы были первыми в истории науки количественными законами, до сих пор в природе стремились отыскать скрытую в ней гармонию только на качественном уровне.

Законы Кеплера не вполне соответствовали данным астрономических наблюдений, и тем не менее Кеплер пренебрег этими расхождениями... он полагал, что Солнце и планеты представляют собой элементы системы, в отношении которых должны выполняются одни и те же – системные – закономерности. Законы Кеплера были первыми в истории науки количественными, и поэтому они были также и первыми законами, о которых можно было сказать, что они – приближенные. Действительно, термины "приближенный" или "точный" в принципе неприменимы, если речь идет только о гармонии кругов и сфер.

Между средневековьем и Новым временем

Подход Кеплера был принципиально новым еще и потому, что он пытался отыскать силу, ответственную за столь гармоничное и согласованное движение небесных тел. Кеплер считал эту силу магнитной по своей природе, следуя тем самым английскому врачу Вильяму Гильберту (1544 - 1605), автору трактата "О магните", заявившему об универсальности магнетизма и о магнитной природе силы тяжести.

Несомненный приоритет Кеплера проявился и в том, что введенное вторым законом понятие о секторной скорости было, по-видимому, первым непосредственно ненаблюдаемым понятием. Привычные для нас столь же ненаблюдаемые понятия "количество теплоты" и "количество движения" из школьного курса физики стали научными понятиями уже значительно позднее.

Деятельность Кеплера несомненно олицетворяет переход к науке Нового времени. В то же время – и до сих пор мы ничего об этом не сказали – путь, которым Кеплер пришел к открытию своих законов, не похож на путь Галилея или Ньютона. Его вера в гелиоцентрическую систему была религиозной верой. Неподвижное Солнце было для Кеплера источником света, источником силы, приводящим в движение планеты; оно несло в себе, по словам Кеплера, образ Бога – отца. Движущую силу солнца, в свою очередь, он сравнивал с силой Святого Духа. В не меньшей степени, чем христианские символы, для Кеплера были важны и представления об одушевленности материального мира. Планеты для него были живыми существами, они обладали индивидуальными душами. Так, душа Земли есть та самая причина, благодаря которой драгоценные камни приобретают очертания пяти правильных многогранников. Пищей Земли, по Кеплеру, является морская вода, волосами – трава и деревья. Сильные дожди, считает Кеплер, свидетельствуют о том, что Земля больна.

В то же время он категорически не принимал магико-алхимического подхода к познанию мира, при котором количественный подход отвергался в пользу анализа символов. Это неприятие отчетливо проявилось в переписке Кеплера с уже упоминавшимся выше Робертом Флуддом. По словам самого Флудда, "...Удел обыкновенного математика – заниматься тенями величия, алхимики же и герметисты постигают истинную сущность природных вещей". (цит. по В.Паули. Физические очерки. М., Наука, 1975. с. 163) Позиция Кеплера была принципиально иной, вот что пишет выдающийся физик-теоретик, лауреат нобелевской премии Вольфганг Паули (1900 – 1958) о полемике Кеплера и Флудда : "Флудд полагал, что без знания алхимических или розенкрейцеровских таинств невозможно истинное познание гармонии мира, а следовательно – и астрономии. Не зная этих таинств, можно прийти лишь к произвольной, субъективной фикции. Кеплер же, напротив, считал достоянием объективной науки то,

что может быть доказано математическим, количественно, все же остальное относил к области субъективного."

Кеплер и астрология

Весьма своеобразными были взгляды Кеплера на астрологию. Он считал, что души людей и души растений реагируют на световые лучи, приходящие от звезд к Земле. Вот его собственные слова : " На видимых небесах нет и не может происходить ничего, что никоим образом не ощущалось бы на Земле и не затрагивало бы всех способностей, которыми наделена душа естественных предметов." В связи с этим Кеплер даже обсуждает вопрос о том, не ответственны ли лучи от звезд и планет за гармонично расположенные лепестки у растений. Вольфганг Паули, проанализировавший путь Кеплера к его законам с точки зрения аналитической психологии Карла Юнга (), считает : "Непрестанно подчеркивая роль световых лучей , он превратил астрологию в часть физики (точнее, в часть оптики)."

С точки зрения современной психологии, процесс познания начинается в области бессознательного – задолго до того, как предмет исследования будет более или менее отчетливо сформулирован на обычном языке. Как пишет Паули, " на этой ступени вместо ясных и четких понятий на первый план выступают образы, насыщенные ярким эмоциональным содержанием, которые не мыслятся, а созерцаются наглядно и непосредственно". Именно такими образами наполнены тексты Иоганна Кеплера, именно по этой причине личность Кеплера столь привлекательна и для историков науки и для психологов, исследующих психологию ученого.

С современной точки зрения Роберт Флудд представляет "псевдонауку", а Кеплер – зарождающуюся науку Нового времени. В то же время начало семнадцатого века – это тот период времени, когда еще отсутствуют нормы, определяющие, что относится к науке, а что – к псевдонауке. Наука еще только формируется, у нее нет границ и она свободно конкурирует с ненаучными формами знания. И только появление научного сообщества с официальным статусом – например, основанного в 1662 г. Лондонского Королевского общества – приводит к появлению более – менее четко сформулированных правил, призванных отделять научное исследование от псевдонаучного.

Вопросы

1. Перечислите причины, по которым фигура Кеплера привлекательна для исследователей психологии ученого.
2. Почему окружность была для Кеплера символом и материального мира и духовного ?
3. В чем состояла предложенная Кеплером геометрическая модель солнечной системы ? Почему эта модель позволяет говорить о близости идей Кеплера идеям Пифагора и Платона ?

4. Какую идею Кеплера отказывался признать Галилей? Почему ?
5. Сформулируйте три закона Кеплера. В чем состоял элемент новизны, связанный с каждым из законов ?
6. Какую гипотезу относительно зависимости от расстояния силы, действующей на планеты со стороны Солнца, высказывал Кеплер ? На чем основывалась эта гипотеза ?
7. Почему имя Кеплера связывают не только с эпохой Нового времени, но и с эпохой Возрождения и средневековья ?
8. Сравните взгляды Кеплера и Флудда на познание мира. В чем привлекательность фигуры Кеплера для ученых двадцатого столетия ?
9. Какие события в истории науки связаны с разграничением сферы научного и сферы псевдонаучного знания ? Какие современные примеры псевдонауки вы можете привести ?

ГЛАВА V. НАУКА НОВОГО ВРЕМЕНИ : РЕНЕ ДЕКАРТ

Жизнь и карьера

Рене Декарт (1596 – 1650) родился во Франции, в семье высокопоставленного чиновника - советника регионального парламента. Он закончил иезуитский колледж Ла-Флеш – одно из лучших учебных заведений Франции того времени, и затем изучал медицину и право в университете г. Пуатье, где и получил в 1616 г. степень бакалавра права. Значительную часть своей жизни Декарт провел в Голландии, прежде всего в связи с высоким уровнем веротерпимости в этой стране. Последние месяцы своей жизни Декарт провел в Стокгольме, давая уроки философии королеве Швеции Христине. При этом он должен был обучать королеву каждый день рано утром; во время одного из утренних путешествий во дворец королевы он простудился и через несколько дней умер.

Декарт был прежде всего философом. Он также внес значительный вклад в развитие космологии, физики, биологии и математики. Философские идеи Декарта были определяющими при формировании стиля мышления ученых 17 века. Эти идеи оказали огромное влияние и на Ньютона. Так, Декарт считал, что при сотворении мира бог основывался на математических принципах. . В отношении законов природы Декарт (в письме Марену Мерсенну) пишет, в частности: "Не бойтесь всюду провозглашать, что бог установил эти законы в природе так же, как суверен устанавливает законы в своем королевстве..."

Непосредственный вклад Декарта в математику состоял в изобретении нового метода, который в настоящее время называется аналитической геометрией. В основе аналитической геометрии лежала идея, согласно которой любой точке изучаемой кривой можно сопоставить точку на числовой оси. Фактически Декарт разработал метод исследования геометрических фигур с помощью алгебры; использование этого метода является основой современной математики. Добавим, что именно Декарт ввел обозначения неизвестных величин буквами a, b, c , а величин неизвестных – буквами x, y, z .

Главная книга Декарта "Начала философии" вышла в свет в 1644. в Амстердаме. Среди прочих сочинений французского философа и естествоиспытателя она была самой большой по объему. В первой части книги анализируется теории познания, во второй – свойства материи, в третьей части "Начал философии" обсуждаются свойства Вселенной, в четвертой части - устройство Земли.

Близкодействие и далекодействие

Как представлена в "Началах философии" физика ? Главной своей идеей Декарт считал идею постепенного формирования Земли и Солнечной системы. Вначале Мир представлял собой совокупность частиц, находившихся в состоянии хаотического движения.. Этот хаос, согласно Декарту, был создан Творцом. В дальнейшем же, по мнению Декарта, развитие Мира происходит в полном соответствии с законами Природы...эти законы и устанавливает Декарт. Одним из ключевых

понятий при объяснении того, как движутся небесные тела, для Декарта является понятие вихря. Существует вихри вокруг Солнца, вихри вокруг звезд.. Вихри, в частности, ответственны за движение планет: посредством взаимодействия вихрей передается сила тяготения между Солнцем и планетами. Декарт убежден, что в основе любого взаимодействия частей материи лежит непосредственное соприкосновение промежуточных частиц. Последнее утверждение известно в физике как **принцип близкодействия**.

Какова же природа подобных частиц? Среди физиков – современников Декарта была весьма популярна идея эфира, движение частиц которого обеспечивает передачу силы тяготения. Предполагалось, что эфир - это невесомая материя, что он заполняет межпланетное пространство, и что он не воспринимается нашими органами чувств. Гипотезу об эфире легко согласовывалась с гипотезой о вихрях, посредством которых передается тяготение. В то же время, если бы эфир существовал, то он должен был бы влиять на движение планет вокруг Солнца, в то время как в действительности это движение практически во всех случаях соответствовало закону всемирного тяготения Ньютона.

Закон всемирного тяготения Ньютона ничего не говорил о том, как передается тяготение между Солнцем и планетами. В основе ньютоновской теории тяготения лежал совершенно иной принцип – **принцип дальнегодействия**, в соответствии с которым сила тяготения передавалась через пустоту с бесконечно большой скоростью. Естественно, что, признавая принцип дальнегодействия, можно было не обращаться к гипотезе эфира.

Дух и материя

В основе философии Декарта – идея о том, что дух и материя отделены друг от друга. Согласно Декарту все материальные тела, включая тело человека, следует рассматривать как устройства, функционирующие по законам механики. Декарт проводил самостоятельные физиологические исследования, в которых рассекал тела животных, чтобы выяснить их устройство. При этом он специально обосновывал допустимость таких экспериментов, отмечая, что животные не имеют души, а следовательно, не чувствуют и не мыслят..

Главным свойством материи Декарт считает ее способность занимать пространство – иначе говоря, протяженность.. Поэтому с точки зрения Декарта пустота существовать не может. Не существует, следовательно, и "боязнь пустоты", с помощью которой некоторые философы пытались объяснить известные опыты Паскаля и Торричелли. Декарт проявлял самое пристальное внимание к этим опытам; известно, что на одной из демонстраций опыта Торричелли он присутствовал лично.

В системе ценностей Декарта разум стоит выше чувств; он считает, что чувства могут обмануть человека. Несомненным для Декарта является лишь утверждение "я мыслю, следовательно, я существую" (*cogito ergo sum*), во

всем остальном он призывает сомневаться. Именно поэтому Декарт не рассматривает эксперимент как основное средство изучения Природы. В этом смысле неслучайны его критические замечания в адрес закона свободного падения Галилея. По мнению Декарта, Галилею следует сначала установить природу силы тяжести, и лишь затем устанавливать экспериментальным путем закон падения тел на землю..

Широкую известность получил трактат Декарта "Рассуждения о методе". Вот как формулирует сам Декарт основные правила логического рассуждения.

"Мое *первое* правило было : ничего не принимать за истинное и не включать в свои суждения, пока оно моим разумом ясно не признано таковым, и таким образом ограждать себя от всякой торопливости в суждениях и от всяких предвзятых мнений.

Второе было: всякую задачу расчленять на столько частей, сколько нужно, чтобы по возможности облегчить ее решение.

Третье: всегда начинать с простейшего, легко обозреваемого и постепенно восходить к более сложному, и даже там, где не представляется естественной постепенности, все-таки устанавливать некоторый порядок.

Наконец *четвертое*: везде делать настолько полные перечни и составлять общие обозрения, чтобы быть уверенными, что ничего не обойдено".

Картезианство

Философия Декарта известна под именем картезианства – производного от латинизированного имени Декарта "Картезий". В Европе картезианство было весьма популярно благодаря своей наглядности (образ вихрей был более привлекателен нежели абстрактный принцип дальнего действия – основа ньютоновской теории тяготения) . В полном соответствии с идеями Декарта, в течение нескольких десятков лет после его смерти преподавалась физика и во Франции и в Англии. В то же время теория Ньютона предоставляла физике большие возможности – ее приверженцы могли рассчитывать траектории планет и убеждаться, что расчеты соответствуют наблюдениям. В итоге и образование (и общество в целом), постепенно переориентировались с картезианства на ньютоновскую систему мира.

Во второй половине XIX века картезианство все же вернулось в физику - в виде принципа близкого действия - вместе с понятием электромагнитного поля, введенного Майклом Фарадеем и Джеймсом Клерком Максвеллом. Колебания электромагнитного поля распространяются в вакууме "от точки к точке" с конечной скоростью (скоростью света), для этого не требуется присутствие какой-либо материальной среды.

Как в целом повлиял на развитие естественных наук выход в свет "Начал философии" Декарта -? Изложенные в систематизированном виде, идеи Декарта укрепляли тенденции к сближению биологии и медицины с физикой и механикой.

Английский врач Вильям Гарвей(1578 – 1657), современник Декарта, ввел понятия большого и малого кругов кровообращения. Он известен, в частности, сравнением сердца с мышцей, движущей кровь по сосудам. Основой теории кровообращения Гарвея были анатомические исследования и расчеты. Он, в частности, оценил количество крови, проходящей через сердце, и именно на основании этих оценок сделал важнейший вывод, что кровь непрерывно циркулирует по организму, в то время как до него общепризнанной была теория непрерывного создания крови из пищи. Теорию Гарвея стали считать экспериментально подтвержденной после открытия соединяющих вены и артерии капилляров. Обнаружены капилляры были в микроскопических исследованиях итальянского естествоиспытателя М. Мальпиги (1628 – 1694).

Именно на работы Гарвея ссылался Декарт, описывая живые организмы как механические системы. В качестве основы жизни Декарт рассматривал теплоту; ошибочно считая, что она концентрируется в сердце, и уже из сердца по системе кровеносных сосудов передается всем частям тела. Мозг же он рассматривал как центр нервной системы, от которого расходятся нервные трубки; внешние воздействия на окончания "нервных трубок" автоматически передаются от мозга к мышцам. Эти идеи Декарта стали основой представления о рефлексе как общем принципе нервной деятельности и именно поэтому Декарт считается основоположником теории рефлексов. Именно в результате развития этих идей Декарта сформировалось представление о том, что функционирование нервной системы определяется внешними воздействиями. Эти идеи Декарта определили направление последующего развития нервно-мышечной физиологии. Внесший большой вклад в исследование рефлексов, нобелевский лауреат российский физиолог И.П.Павлов (1849 – 1936) писал в связи с этим: "Ясно, что именно идея детерминизма составляла для Декарта сущность понятия рефлекса и отсюда вытекало представление Декарта о животном организме как о машине".

После выхода в свет работ Декарта для значительной части биологов важнейшей задачей стало сведение законов жизнедеятельности к законам механики. Соответствующее направление исследований получило название ястромеханики (см. параграф "Механика как идеал научной теории" главы "Исаак Ньютон"). Вопрос о сходстве между живым организмом и механическим устройством возник вновь во второй половине двадцатого столетия – как вопрос о сходствах и различиях между мозгом и компьютером. С точки зрения современной биологии система памяти, которой обладает мозг, принципиально отличается от системы памяти компьютера. Одним из основных отличий является механизм хранения информации. Действительно, в компьютере единица информации сохраняется в какой-то конкретной ячейке памяти. В мозгу же хранение памяти носит не локализованный, а распределенный характер, и именно

поэтому при разрушении отдельных участков мозга хранящиеся в памяти сведения не исчезают бесследно.

Вопросы

1. В чем состояла основная идея аналитической геометрии – раздела математики, основанного Декартом ?
2. Как представлял себе Декарт участие Творца и роль законов Природы в процессе формирования Солнечной системы ?
3. Почему с принципами дальнего действия и ближнего действия связывают имена соответственно Ньютона и Декарта ?
4. Какой смысл вкладывал Декарт в свое знаменитое утверждение "Мыслю следовательно существую" ? В связи с чем Декарт критиковал Галилея ?
5. Какова была судьба "картезианства" после смерти самого Декарта ?
6. Что связывает Рене Декарта и российского физиолога И.П.Павлова ?
7. Какие идеи Декарта имеют отношение к теории электромагнитного поля Фарадея – Максвелла ?
8. В чем состояла большая привлекательность для образования идей Декарта по сравнению с идеями Ньютона ?
9. С точки зрения современной биологии можно ли рассматривать мозг как аналог компьютера ? Какое отношение эта проблема имеет к Рене Декарту ?

ГЛАВА VI. НАУКА НОВОГО ВРЕМЕНИ: ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ

Великому итальянскому естествоиспытателю Галилео Галилею (1564 – 1642) принадлежат выдающиеся открытия в области механики и астрономии. Год рождения Галилея совпал с учреждением церковью Индекса запрещенных книг (в который его книгам суждено было впоследствии попасть). Диалог Галилей – инквизиция, закончившийся, как известно, отречением Галилея от своих взглядов, был первым в истории публичным диалогом науки и церкви.

Жизнь и карьера

Галилей принадлежал к знатному роду. Его отец, Винченцо Галилей, был известен своими работами по теории музыки. Биографы отмечают, что от отца Галилею достались способности к математике и литературе, а от матери – темперамент и вспыльчивость. Галилей получил великолепное домашнее образование, а в 18 лет был отправлен отцом в Тосканский университет, располагавшийся в Пизе, для изучения медицины. В процессе учебы Галилей, однако, увлекся математикой и, не окончив университет, вернулся во Флоренцию и продолжил свои занятия математикой. В 1589 г. Галилей начинает преподавать математику в Пизанском университете, а в 1592 г. его назначают профессором математики Падуанского университета в Венецианской республике. Заработок Галилея в Падуе был весьма невелик и не сильно отличался от заработка в Пизе, но в Падуе у Галилея было много частных учеников из числа желавших получить образование дворян. В своих частных уроках Галилей должен был ориентироваться на приложения механики : на баллистику и строительную механику. Тем самым происходило формирование интересов Галилея в области прикладной физики. В Падуе Галилей делает несколько изобретений; он, в частности, изобретает устройство, поднимающее воду с помощью тягловой силы животных, а также специальный циркуль для военных строителей. В 1610 г. Галилей делает серию астрономических открытий с помощью построенного им телескопа. С этих открытий и начинается его слава ученого.

От приблизительности к точности

Статью, посвященную состоянию науки и техники в XV – XVI вв., выдающийся историк науки Александр Койре назвал "От века приблизительности к универсуму прецизионности". Он считает одной из важнейших предпосылок начавшейся в 18 столетии первой промышленной революции точность в изготовлении машин и инструментов. Точность эта как раз и была привнесена теми изменениями, которые происходили в науке в XVI – XVII веках. Эти изменения – прежде всего телескоп Галилея, маятниковые часы с балансирами – спиралью, созданием которых мы обязаны Галилею и Гюйгенсу. Следует также упомянуть первую машину для нарезки параболических линз, созданную Декартом.

Параллельно изменениям в науке происходили изменения и в общественной жизни. Человек эпохи средневековья, а также эпохи Возрождения и эпохи Античности, воспринимал время совсем не так, как воспринимает его мы. Начнем с того, что в быту процесс счета сам по себе был весьма затруднен, поскольку для записи чисел использовались римские цифры, использование же привычных нам цифр арабских было характерно для составителей церковных календарей и астрологических сборников. Меры длины, веса, объема были различны в разных местностях. Для средневекового человека день делился не на часы, а на промежутки времени между звоном церковных колоколов, обозначавших начало служб. Часы были только в городах и монастырях. Точность их была, как правило, невелика; кстати, они даже не показывали долей часа.

Такое положение дел меняется только во второй половине XVI века, когда городской уклад жизни все в большей степени вытесняет деревенский. Часы становятся все более распространенными в обществе, но все еще дорогими и неточными. Проблема точного измерения (а также и хранения) времени была решена не часовщиками, которые могли только усовершенствовать часовой механизм. Проблема была решена теми, кто без точного измерения не мог обойтись – учеными. И только потом – после Галилея и Гюйгенса – процесс усовершенствования снова перешел в руки часовых мастеров.

С какими открытиями история науки связывает имя Галилея? Во-первых, это – закон инерции, точнее, его принципиальная сторона (поскольку сам Галилей сформулировал его для круговых движений). Далее – закон свободного падения (равенство ускорений, с которыми падают на землю тела разной массы), пропорциональность пройденного пути квадрату времени при равноускоренном движении. Галилей открыл пепельный свет Луны, фазы Венеры, спутники Юпитера, кольца у Сатурна, установил структуру Млечного пути. Он, наконец, сформулировал принцип относительности: неизменность законов механики при переходе от одной системы отсчета к другой, движущейся относительно первой с постоянной скоростью.

Телескоп Галилея

В 1609 году Галилей делает изобретение, ставшее началом его научной славы – подзорную трубу, которая обеспечивала увеличение в 32 раза. До этого коэффициент увеличения лучших труб достигал 6. Этот телескоп представлял собой комбинацию двух линз – выпуклой и вогнутой. Успех Галилея связан прежде всего с тем, что он сумел, так сказать, сменить угол зрения и воспринять привычное для его времени развлечение – подзорную трубу (Леонардо да Винчи, к примеру, считал ее игрушкой, подобной камере – обскура) – как физический инструмент. Ему стало понятно, что в подзорной трубе следует отказаться от использования линз для очков, что качество линз для подзорной трубы должно быть существенно выше.

Абсолютно нетривиальным для начала XVII века было решение Галилея направить трубу на небо и, более того, описать увиденное им как объективно существующую реальность. И средневековые философы, и современники Галилея считали линзу инструментом, искажающим наблюдаемый предмет. Увиденное в линзу (или в комбинацию линз) весьма часто воспринималось просто как оптическая иллюзия.

Первым из открытий, сделанных Галилеем "на небе", стало открытие 7 января 1610 года трех спутников Юпитера, которые он называет в честь династии Медичи "медичейскими звездами". Галилей установил также, что на Луне есть горы и по длине теней, отбрасываемых горами, определил их высоту – 7 километров. Вскоре он открывает неизвестные ранее неподвижные звезды 8 звезд в созвездии Ориона и 36 в созвездии Плеяды. Обо всех этих открытиях сообщалось в трактате Галилея "Звездный вестник", опубликованном в марте 1610 года.

Информация, доложенная Галилеем научному сообществу, была воспринята как сенсационная. Ситуация, однако, усугублялась тем, что никто из его современников не имел подзорной трубы с подобными характеристиками. Галилею приходилось проводить свои наблюдения в присутствии коллег, однако даже в подобной ситуации далеко не все соглашались признать увиденное небесными объектами, а не оптическими иллюзиями. Общепринятой была реакция на открытие Галилея как на оптическую иллюзию, вызванную отражениями и преломлениями в подзорной трубе. И лишь по мере распространения подзорной трубы Галилея среди астрономов (термин телескоп был изобретен для ее обозначения филологом Домесиани – специально) стали поступать подтверждения открытия спутников Юпитера. Вскоре, однако, проблема восприятия открытий Галилея возникла снова. На этот раз дискуссия разгорелась в связи с обнаруженными им пятнами на Солнце. Впервые Галилей рассказал о своем открытии в 1612 году в книге по гидростатике. Спустя год была опубликована уже специальная работа - о пятнах.

Дискуссия о пятнах на Солнце.

Вначале Галилей склонялся к предположению, что увиденное им – это ранее неизвестные планеты, орбиты которых проходят близко к орбите Солнца. Несколько раньше Галилея, в 1607 году, Иоганн Кеплер был

убежден, что наблюдает Меркурий, проходящий перед Солнцем; только по чистой случайности он не продолжил наблюдения... Вскоре после выхода в свет сообщения Галилея об открытых на Солнце пятнах, начался его спор с иезуитом Христофором Шайнером.

Христофор Шайнер (1575 – 1650) обнаружил пятна на Солнце независимо от Галилея и провел несколько тысяч наблюдений нового явления. В большинстве своих наблюдений он использовал затемняющие фильтры, что до него не делал никто. Шайнер внес в конструкцию телескопа усовершенствования, позволяющие проецировать изображение на экран. Тем самым доказывалось, что, скажем, пятна на Солнце недопустимо сводить к ощущениям наблюдателей.

Кроме того, Шайнер изложил основы физиологической оптики. Он исследовал ход лучей внутри глаза. Именно Шайнер первым связал способность глаза к аккомодации с изменением формы хрусталика.

Шайнер отрицал связь пятен с Солнцем. По его мнению то, что мы считаем пятнами, на самом деле представляют собой уплотнения небесной материи. Возможно также, что это движущиеся вокруг Солнца скопления звезд. Как пишет А.И.Ахутин в уже цитированной выше книге, "Галилею потребовался целый год тщательных и целенаправленных наблюдений, прежде чем он смог выступить во всеоружии доказательств – год, чтобы превратить совокупность проблематичных наблюдений в глубоко теоретизированный факт". Вообще говоря, открытиями и спутников Юпитера, и гор на Луне, и пятен на Солнце Галилей разрушал одно из основных положений физики Аристотеля и античной науки в целом. Это положение состояло в проведении четкой грани между совершенным и гармоничным небом и подлунным миром, миром несовершенным. При этом предполагалось, что в беспорядочном подлунном мира, полном стихийно протекающих процессов, ничего похожего на закономерности движения планет, найдено не может быть в принципе.

Год понадобился Галилею для доказательств, чтобы рассчитать периоды вращения пятен. Он также тщательно исследовал закономерности в изменении площади пятен и установил, что диаметр сферы, которой пятна могут принадлежать, практически совпадает с диаметром Солнца. Рассматривая процессы, происходящие на Солнце, как аналогичные процессам, происходящим на Земле, Галилей делает вывод : сферу, в пределах которой образуются пятна, можно рассматривать как атмосферу Солнца, а сами пятна – как своеобразные облака, плавающие в этой атмосфере. Таким образом, Галилей допустил, что явления, происходящие на земле, могут служить моделью небесных явлений. Подобное допущение была для иезуита Шайнера абсолютно неприемлемым. Как раз превращение пятен, изменения их формы были для него наиболее убедительными доказательствами того, что пятна в принципе не могут быть "солнечным эффектом". Таким образом, разные теоретические установки позволяли двум исследователям совершенно по-разному интерпретировать данные

одних и тех же наблюдений. Чем же закончился спор Галилей – Шайнер ? Как пишет А.И.Ахутин, "...полного триумфа Галилей достиг, когда ему удалось разработать схему, в которой движения пятен во всем их , по видимости, случайном разнообразии укладывались в строго закономерное движение, превращавшееся просто в видимое движение Солнца". Таким образом, анализ превращений обнаруженных в телескоп пятен позволил установить факт вращения Солнца вокруг своей оси.

После открытия Галилея начались регулярные наблюдения пятен на Солнце. Было, в частности, установлено, что рост числа пятен и их суммарной площади свидетельствует о возрастании солнечной активности, что на Земле проявляется, в частности, в виде магнитных бурь. Был также установлен циклический характер активности Солнца: временной интервал между ее максимумами составляет приблизительно 11 лет. Советский естествоиспытатель Александр Чижевский (1897 – 1964) провел тщательный анализ накопленной статистической информации и в начале двадцатых гг. прошлого столетия высказал предположение , что максимумы солнечной активности совпадают с максимумами социальных катаклизмов на Земле – войн, революций, эпидемий. Вот как писал Чижевский о своей идее:

*И вновь и вновь взошли на Солнце пятна,
И омрачились трезвые умы,
И пал престол, и были неотвратны
Голодный мор и ужасы чумы.*

.....
*И жизни лик подернулся гримасой;
Метался компас, буйствовал народ,
А над Землей и над людскою массой
Свершало Солнце свой законный ход.
О ты, узревший солнечные пятна
С великопной дерзостью своей
Не ведал ты, как будут мне понятны
И близки твои скорби, Галилей!*

Отметим, что данная идея Чижевского подвергалась и подвергается весьма острой критике ...в то же время сам факт активного воздействия Солнца на атмосферу и биосферу Земли сомнению не подвергается и А.Л.Чижевский, безусловно, может считаться основоположником нового направления в науке – гелиобиологии. Наиболее вероятным механизмом воздействия солнечного ветра на Землю считаются возмущения магнитосферы Земли, что проявляется в колебаниях земного магнитного поля. Российский историк науки Г.М. Идлис считает, что с максимумами солнечной активности совпадают во времени и даты наиболее важных открытий в естествознании.

Возвращаясь к дискуссии Галилей - Шайнер, отметим, что через несколько лет состоялась дискуссия Галилея с другим иезуитом, отцом Грасси, и тоже по астрономическим вопросам. В 1618 году в небе Европы астрономы зафиксировали появление трех комет. В изданном на следующий год трактате Грасси описал кометы как небесные тела., Галилей же считал, что наблюдаемые в телескоп объекты на самом деле кометами не являются и астрономы имеют дело с оптическим обманом. Одним из его аргументов были некруговые траектории движения комет, в то время как система Коперника не рассматривала каких-либо отличий от круговых траекторий движения небесных тел. В этой дискуссии Галилей был неправ – точно так же как и в отрицании на том же основании законов Кеплера. В действительности кометы могут двигаться по эллиптическим, гиперболическим либо параболическим траекториям.

Вообще первые астрономические открытия Галилео Галилея поставили вопрос о несовместимости их с геоцентрической моделью солнечной системы и, как следствие, о необходимости признать истинность системы Коперника. Уже в трактате о солнечных пятнах Галилей излагает и комментирует учение Коперника в явно одобрительной манере. В церковных кругах стало также широко известным письмо Галилея бывшему священнику Кастелли, в котором исследователь устранял противоречия между Ветхим Заветом и теорией Коперника...тем самым он вторгнулся в область компетенции теологов, и вскоре с кафедры церкви Святой Марии Новеллы во Флоренции Галилей впервые подвергается публичному осуждению. Еще через два года кардинал Беллармини, по указанию папы Павла V, сообщает его приказ, запрещающий распространение идей Коперника.

"Пробирщик золота". "Диалоги". "Беседы".

В 1623 году вышел в свет трактат Галилея "Пробирщик золота". Именно в этом сочинении впервые отчетливо изложены основы научного метода, согласно которому основой естествознания следует полагать измерение и математику. О движении Земли в "Пробирщике..." Галилей не упоминает.

Чрезвычайно важно, что в "Пробирщике..." он развивает атомистическую концепцию материи, объясняя тепловые эффекты и цвета тел свойствами механических корпускул. По сути дела. Галилей возвращается тем самым к атомистике Демокрита. Так. тепловые эффекты объясняются проникновением в тело частиц огня. Многие качества тел, которые считались реальными в физике Аристотеля и его средневековых последователей, Галилей объявляет субъективными ощущениями. Он пишет : " По этой причине я думаю, что вкусы, запахи, цвета и другие качества не более чем имена, принадлежащие тому объекту, который является их носителем, и обитают они в нашем чувствилище".

На "Пробирщика золота" поступил анонимный донос в Святую инквизицию, причем писал его , по всей видимости, отец Грасси,

дискутировавший с Галилеем по поводу комет. Автор доноса подробно излагал атомистические взгляды автора "Пробирщика...". По мнению автора доноса, Галилей, объясняя ощущения человека действием Демокритовых атомов, впадает в ересь. Ересь состоит в том, что, если принять существование неуничтожимых частиц, то в процессе причащения должны оставаться неизменными частицы хлеба и вина, следовательно, Галилей отрицает превращение хлеба в тело Христово, а вина – в его кровь. Существует версия, согласно которой именно еретический атомизм Галилея был главной причиной процесса над ним, организованного Святейшей инквизицией. Официальный же приговор, согласно этой версии, был вынесен за поддержку теории Коперника, что ересью не считалось и наказание за подобные действия предполагалось существенно более мягкое. Если следовать этой версии, то получает объяснение и тот факт, что дальнейшее развитие атомистической философии было связано не с Италией, а с Англией. Мы имеем в виду в первую очередь корпускулярную химию Роберта Бойля (1627 – 1691) и атомистику Джона Дальтона (1766 – 1844).

Непосредственной причиной судебного процесса над Галилеем был выход в свет его труда по названию "Диалоги о двух главнейших системах мира" в 1632 году. Под главнейшими системами Галилей понимал систему Птолемея – геоцентрическую и систему Коперника – гелиоцентрическую. Диалоги написаны на итальянском языке (это факт не случаен, Галилей стремился сделать свои взгляды доступными максимальному числу людей, латынь же была для этого непригодна).

В "Диалогах" активно обсуждался и тот круг проблем, который мы сейчас называем кинематикой. Вообще говоря, Галилей исследовал проблемы механики с самых первых лет своей научной деятельности и только занятия астрономией прервали эти работы. В "Диалогах!" в обсуждении научных вопросов участвуют три героя: Сальвиати, Сагрето и Симпличио. При этом Сальвиати представляет точку зрения самого Галилея, Симпличио ("простак") – точку зрения сторонников Аристотеля. Место беседы – Венеция, продолжительность "действия" – четыре дня, каждый день представляет собой отдельную главу "Диалогов".

В первый день собеседники обсуждают вопрос о подобии земного мира и мира космического, во второй день – вопрос о суточном движении Земли. Именно во второй день собеседники обсуждают принцип инерции, принцип суперпозиции движений и принцип относительности. Третий день посвящен обсуждению аргументов в пользу гипотезы о годовом движении Земли вокруг Солнца. Четвертый день отведен изложению галилеевой теории приливов и отливов. Впоследствии стало ясно, что эта теория была ошибочной, однако сам Галилей считал ее весьма сильным аргументом в пользу системы Коперника.

Другой знаменитой книгой Галилея стали "Беседы и математические размышления", изданные в 1638 году, уже в период домашнего ареста, под которым исследователь находился после суда инквизиции. Как видно из

полного названия книги "Беседы и математические размышления о двух новых науках, механике и законах падения", ее тематика формально не противоречила запрету. Наложенному инквизицией на научную деятельность Галилея (которая не должна была быть ориентирована на учение Коперника). "Беседы" написаны в духе учебника физики и в них по сравнению с "Диалогами" . обсуждается много новых проблем. Среди прочего – это изохронность (постоянство периода) маятника, подобие механизмов, прочность подобным образом устроенных машин, животных и растений больших размеров. Галилей обсуждает вопросы геометрии, постижимости бесконечных множеств, скорость распространения света. Именно в "Беседах" он выводит уравнение траектории тела, брошенного под углом к горизонту – такое тело движется по параболе.

Дело Галилея

В связи с публикацией "Диалогов..." против Галилея выступил могущественный орден иезуитов, причем экспертами по книге были назначены два уже упоминавшиеся оппонента Галилея – Грасси и Шайнер. Заключение ордена иезуитов содержало перечень девяти отягчающих вину Галилея обстоятельств. Среди этих обстоятельств были: "...частый выход за рамки гипотетической точки зрения при обсуждении коперниканского учения", "утверждение, что последователи Птолемея превратятся в последователей Коперника", а также "сведение отливов и приливов к движению Земли".

Результатом последовавшего процесса инквизиции над Галилеем стало его осуждение. Приговор (подписанный, кстати, семью из десяти кардиналов – членов суда) определял официальное запрещение книги "Диалогов..." , накладывал на Галилея спасительное покаяние в виде семи псалмов, которые он должен был читать еженедельно в течение трех лет.

В нашем представлении личность Галилео Галилея неразрывно связана с образом борца с церковью. Считается, что геоцентрической картине мира Аристотеля (принятой церковью) он противопоставил свою картину мира, основанную на гелиоцентрической системе Коперника.

На самом деле произошло следующее. Открыв пятно на Солнце и горы на Луне, установив принцип инерции (а также и законы равноускоренного движения), Галилей разрушил основу космологии Аристотеля. Этой основой была геоцентрическая система, деление мира на подлунный (несовершенный) и надлунный (совершенный). Однако, помимо космологии, философия природы Аристотеля включала в себя и своеобразные "законы движения" и классификацию причин, ответственных за динамику различных процессов, и многое другое. Равную Аристотелевской по масштабу картину мира создал только Ньютон, открывший закон всемирного тяготения и установивший законы динамики.

Но до выхода в свет "Математических начал натуральной философии" в 1687 году должно было пройти почти шесть десятилетий.

Галилей же воспринимался официальной церковью как разрушитель целостной картины мира (основанной на космологии Аристотеля), не предложивший ничего взамен – именно такой позиции придерживался выдающийся физик двадцатого столетия Вернер Гейзенберг. В этом смысле, считает Гейзенберг, и следует понимать принятое инквизицией решение осудить Галилея, поскольку для церкви очень важно было сохранить целостную картину мира, основывавшуюся на геоцентрической системе. Разумеется, такая весьма необычная интерпретация конфликта "Галилей-церковь" является личной точкой зрения Вернера Гейзенберга. В дополнение к этому заметим, что первые экспериментальные свидетельства в пользу гелиоцентрической системы появились только в 1838 году – через два столетия после смерти Галилея. Именно тогда немецкий астроном Ф.Бессель зафиксировал угловое смещение звезд при их наблюдениях с Земли из противоположных точек околоорбиты. Такое смещение называется звездным параллаксом и объяснить его можно только в рамках гелиоцентрической системы.

Галилей был естествоиспытателем, но он был и правоверным католиком. В связи с обвинениями инквизиции Галилей писал, что Библия, безусловно, ошибаться не может, но могут ошибаться ее интерпретаторы. "Выведение" гелиоцентрической системы из Библии Галилей как раз и считал буквальной интерпретацией Священного писания. Существенно, что один из высших чинов католической церкви - кардинал Роберто Беллармини - занимал в деле Галилея особую позицию. Он считал, что, если появится убедительное доказательство теории Коперника, то возникнет необходимость и в новом истолковании тех фрагментов Библии, в которых идет речь о движении солнца и неподвижности Земли.

Небезынтересно, что восходящее к Ветхому Завету иудеохристианское представление о сотворении мира, строго говоря, находится в противоречии с аристотелевским образом вечного Космоса (символом вечного Космоса для Аристотеля был совершенный надлунный мир).

В 1992 году, после одиннадцатилетней работы, созданная по указанию Иоанна - Павла II понтификальная комиссия вынесла официальное заключение о неправоте инквизиции в "деле Галилея". Глава комиссии Поль Пупар заявил на заседании Папской Академии наук 31 октября 1992 г. об ошибочности поведения обеих сторон конфликта – и Галилея, и судей инквизиции. По мнению Поля Пупара, ошибка Галилея состояла в том, что он утверждал об истинности системы Коперника, не имея убедительных доказательств. Ошибка же судей была, в частности, в том, что они не разделили вопрос о вере Галилея от вопроса об истинности системы Коперника. Ошибка их была также и в том, что они усматривали в самой системе Коперника опасность для католицизма.

Окружность или прямая ?

Непосредственно связанным с астрономией оказался для Галилея вопрос о движении тела по инерции. Напомним. Что движением по инерции в физике называют движение тела, если на него не действуют силы, либо их сумма равна нулю. Первый закон Ньютона утверждает, что таковым почти во всех случаях следует считать равномерное прямолинейное движение. Согласно Галилею, планеты в соответствии с системой Коперника движутся по круговым траекториям вокруг солнца. Заметим, что при этом игнорируется первый закон Кеплера, и это не случайно. Вера в "гармоническое устройство Природы не позволяла Галилею согласиться с тем, что планеты движутся по эллипсам – столь несовершенным траекториям. Конечно, и Кеплер был не менее, чем Галилей, убежден в привилегированности окружности по сравнению с эллипсом. Кеплер, однако, считал, что существует большая разница между "мыслимой идеей круга" и той реальной траекторией, по которой движется планета. Галилей же считал, что идеальные и материальные формы не следует различать – иначе говоря, что различия, о котором пишет Кеплер, просто не существует. Для Галилея идея круга как совершенной кривой реализуется в круговой траектории планеты.

Скорее всего, пристрастие Галилея к эстетически совершенному образу окружности связано было с его увлечением искусством. Так, при обработке наблюдений в телескоп ему помогал живописец Людовик Чиголи (1559 – 1613). Вскоре Чиголи расписывал церковь и на одной из фресок поместил Ассунту (Богородицу, возносимую на небо при Успении) на Луну. При этом Чиголи нарисовал Луну такой, какой он ее увидел в телескоп. В свою очередь, Галилей помог Чиголи, поддержав его в дискуссии по некоторым проблемам теории искусства. Как и Чиголи, Галилей считал живопись более выразительным средством по сравнению со скульптурой (противоположную точку зрения отстаивал, например, Леонардо да Винчи). По мнению Галилея, чем более удалены средства воспроизведения искусства от воспроизводимого объекта, тем более значимым это искусство является. Иначе говоря, вмешательство человека – тот фактор, который следует считать существенным, который помогает нам больше увидеть и почувствовать. Галилей считал, что живописец, использующий кисть и краски для того чтобы передать объемность изображаемого на плоском холсте, решает более трудную по сравнению со скульптором задачу.

Позиция Галилея в этом вопросе соответствует его позиции активного естествоиспытателя. Активность его в том, что он отказывается от простых наблюдений природы ради ее экспериментального изучения. Эксперимент (не только реальный, но и мысленный) же предполагал активное поведение ученого. Подобной же позиции Галилей придерживается и в отношении музыкальной композиции. В оратории он, к примеру, считал более важной составляющей мелодию, а не текст. Его точка зрения отличалась от распространенной в то время и признававшей важнейшим элементом композиции текст.

Весьма важен для Галилея вопрос о том, какое из движений – круговое, как у планет или прямолинейное – следует считать наиболее простым и естественным. Простейшее движение можно рассматривать как неизменное. Поэтому, считая какое-либо движение простейшим, мы считаем его и инерционным. В "Диалогах" Галилей пишет следующее: "...Круговое движение не приобретает естественным путем без предшествующего прямолинейного движения, оно будет продолжаться непрерывно и с равномерной скоростью", В круговом движении, замечает исследователь, невозможно выделить начало или конец, все точки в нем равноправны. Отсюда Галилей делает вывод, что круговое движение не нуждается в причине, не нуждается в двигателе. В то же время прямолинейное движение можно рассматривать как результат насильственного движения; оно, таким образом, имеет причину. Напрашивающимся здесь является пример падающего на Землю тела.

Сальвиати в "Диалогах" разбирает движение тела по наклонной плоскости и по плоскости поднимающейся. Первое движение замечает Сальвиати, будет ускоряющимся, второе – замедляющимся. Отсюда Сальвиати делает вывод, что по поверхности без спуска и подъема движение было бы постоянным, если бы поверхность была беспредельной. Но есть ли такая поверхность в мире, спрашивает Сальвиати. И заключает: "Следовательно, корабль, движущийся по морской глади, есть одно из тех движущихся тел, которые скользят по такой поверхности без наклона и подъема и которые поэтому имеют склонность в случае устранения всех случайных внешних препятствий двигаться с раз полученным импульсом постоянно и равномерно".

Выходит, что критериям движения по инерции согласно Галилею удовлетворяет и прямолинейное движение, и движение круговое (движение планет вокруг Солнца. Первый закон Кеплера Галилей не признавал). Отметим, что в "Беседах" (вышедших, напомним, позже "Диалогов..."), он уже пишет о движении по горизонтали как о движении по инерции. "движение по горизонтали является вечным, ибо если оно является равномерным, то оно ничем не ослабляется, не замедляется и не уничтожается".

Какой же вывод следует из этого сделать? Можно ли вообще говорить о том, что у Галилея на этот счет была определенная точка зрения? Наиболее обоснованной представляется позиция историка науки Н.Ф.Овчинникова. Он считает, что в античном Космосе инерционным будет круговое движение (конечность предполагает существование центра), по отношению же к бесконечной вселенной инерционным, всегда сохраняющимся будет равномерное и прямолинейное движение.

Таким образом, вопрос об инерционном движении оказывается связанным также и с вопросами строения Вселенной. По этому поводу однозначных высказываний Галилея неизвестно. Нельзя, следовательно, говорить и об определенной позиции Галилея по поводу характера инерционного движения.

Принцип непрерывности

В рассуждениях Галилея о поднимающихся и опускающихся плоскостях и последующем переходе к движению по горизонтальной поверхности подразумевается – неявно! – принятие фундаментального для классической науки принципа непрерывности. Действительно, непрерывному уменьшению угла наклона наклонной плоскости до нуля (горизонтальная плоскость) соответствует непрерывное уменьшение ускорения движущегося по плоскости тела также до нулевого значения. (равномерное движение) Роль принципа непрерывности в развитии естествознания отмечал выдающийся немецкий мыслитель Г.В.Лейбниц (1646 – 1716). В одном из своих писем он так объясняет смысл принципа непрерывности. " По моему убеждению, в силу оснований метафизики все в универсуме связано таким образом, что настоящее таит в себе в зародыше будущее и всякое настоящее состояние естественным образом объяснимо только с помощью другого состояния, ему непосредственно предшествовавшего...заставляющих нас при объяснении явлений прибегать к чудесам или чистой случайности.

Отталкиваясь от принципа непрерывности, Лейбниц находит ошибки в законах удара у Декарта. Кроме того, он считает неизбежным следствием принципа непрерывности существование форм жизни, промежуточных между растением и животным, животным и человеком, растением и минералом.

Появление в начале двадцатого столетия квантовой теории строения атома означало отказ от принципа непрерывности, поскольку согласно этой теории энергия могла излучаться и поглощаться атомом только определенными порциями – квантами. Тем самым изменение энергии атома не быть сколь угодно малым, а потому энергия не могла более считаться непрерывной физической величиной.

Свободное падение

Как известно, одним из наиболее важных открытий Галилея было открытие того факта, что все тела падают на Землю с одинаковым ускорением. Естественно. Такое утверждение справедливо в "чистом виде" только если предположить равенство нулю сил сопротивления воздуха. Согласно широко распространенному мифу, Галилей убедился в этом факте, бросая камни различного веса с вершины Пизанской башни. На самом же деле история этого открытия – как и история открытий, разобранных выше – связана главным образом с активным использованием мысленного эксперимента.

Так как же Галилей обосновал свое убеждение в несостоятельности концепции Аристотеля, по которой скорость падения тела определяется его весом. Рассмотрим, пишет Галилей, большой камень. Пусть его скорость

падения в данный момент времени составляет 8 единиц. Пусть при этом скорость падения маленького камня составляет 4 единицы. Если камни сложить, то, с одной стороны, маленький камень должен замедлить движение большого, и общая скорость должны быть меньше 8 единиц. С другой стороны, в результате сложения мы получим тело, скорость которого, по Аристотелю, должны быть больше скорости его частей, то есть больше 8 единиц. Налицо логическое противоречие.

Другой аргумент состоит в следующем. Если малый камень положить на большой и предоставить этому составному телу возможность свободно падать, то малый камень не будет давить на большой и, соответственно, не будет увеличивать скорость его падения. То есть увеличение веса не должно приводить к изменению скорости падения.

Главной проблемой в изучении свободного падения тел было слишком незначительное время их падения. Как решить эту проблему? Галилей переходит к анализу движения тел, скатывающихся по наклонным плоскостям. В этом случае он, однако, должен свести к минимуму силу трения. Анализируя характер движения тела по наклонной плоскости, Галилей находит способ и свести к минимуму действие среды, и увеличить максимально время ускоренного движения. Для этого он переходит к анализу колебаний маятника.

Рассматривая колебания двух маятников, свинцового и пробкового, Галилей отмечает, что их колебания остаются синхронными (иначе говоря, маятники в каждый момент времени отклонены на один и тот же угол) и после десятков, и после сотен колебаний. Естественно, делая такое заключение, Галилей на самом деле игнорирует неизбежное отставание одного из маятников из-за действия силы сопротивления воздуха. Тем самым он уже до наблюдения маятников знает, какие из параметров эксперимента следует считать существенными, а какие – второстепенными. На самом деле абсолютная синхронность маятников – это предел, к которому приближаться можно бесконечно, если уменьшать амплитуду колебаний или увеличивать длину нити. . Тем самым мы можем, вслед за историком науки А.И.Ахутиным, сказать : "Таким образом, идеализация выступает как область предельных (или запредельных) состояний, а реальный предмет идеализируется рассмотрением его в перспективе условий, бесконечно приближающихся к идеальным. Переход к идеализации носит характер предельного перехода". Анализ колебания маятников из разных материалов стал дополнительным подтверждением закона свободного падения, поскольку именно колебания маятника Галилей рассматривал как растянутое во времени свободное падение. Синхронность колебаний маятников означала, что все маятники движутся с одинаковым ускорением.

Вообще же идеализация и обращение к мысленному эксперименту представляли единственно возможный путь к установлению законов механики, поскольку, как пишет выдающийся французский историк науки А.Койре, "...все опыты Галилея, по меньшей мере, все реальные опыты,

заканчивающиеся измерением и числом, современниками были найдены ложными". Точно так же историки науки оспаривают приоритет Галилея в бросании тел с Пизанской башни; утверждается, что эти опыты проделал Бенедетти. Более того, Дж. Ричиолли (1598 – 1671), профессор философии из Болоньи, ставит уже после смерти Галилея, эксперимент по проверке закона свободного падения. Приблизительно в 1640 г. он бросает с различной высоты шары и измеряет время их падения на землю (сравнивая прошедшие промежутки времени по числу колебаний маятника). Результаты его опытов подтверждают закон свободного падения Галилея (хотя первоначально Ричиолли сомневался в его справедливости). Затем Ричиолли ставит специальные опыты для исследования того как сопротивление воздуха влияет на падение тел. Два шара, глиняный и бумажный. он обмазывает известью с тем, чтобы уравнять их форму и размеры, и сбрасывает их с башни Мазинелли в Болонье (высота башни около 100 метров). Свой эксперимент Ричиолли повторяет 15 раз и приходит к выводу, что тяжелые тела падают быстрее легких.

В отношении же собственно идеи мысленного эксперимента о несогласии с Галилеем пишет Декарт. В переписке с Маренном Мерсенном (1588 – 1648) он отрицает большинство поставленных Галилеем опытов. "И пушечное ядро, выстрелянное с вершины башни, должно опускаться гораздо медленнее, чем при падении по отвесу ("сверху вниз"), потому что оно на своем пути встречает больше воздуха. И это мешает ему не только двигаться параллельно горизонту, но и опускаться". Декарт имеет в виду, что, согласно Галилею, в обоих случаях (выстрелянное и при падении по отвесу) ядро должно опускаться одинаково быстро. Отвечая Декарту. Мерсенн пишет: "Те , кто видел наши (т.е. совместные с Галилеем – Б.Б.) опыты и помогал нам в них, знают, что их нельзя произвести с большей точностью в отношении прямизны и гладкости плоскости, и в отношении прямизны падения, и в отношении округлости и веса шарика, и в отношении падений, откуда можно заключить, что опыт не способен породить науку. И что нельзя слишком полагаться на одно рассуждение, потому что оно никогда не соответствует явлениям, от которых удаляется".

В чем было основное расхождение Галилея и Декарта ? В том. что Декарт не воспринимал воздух (и, соответственно, силу сопротивления воздуха) как помеху идеализированному движению. Для Галилея таким движением было фактически движение материальной точки в вакууме. Именно так, раскладывая движение пушечного ядра на движение по инерции в горизонтальном направлении и ускоренное движение по направлению к Земле, Галилей доказывает, что траекторией ядра будет парабола и что время падения будет одинаковым и в случае свободно падающего ядра, и в случае ядра, выстрелянного горизонтально. И только определив форму траектории такого идеализированного движения, (параболу), можно перейти впоследствии к рассмотрению эффектов, вызванных формой и размерами ядра, наличием или отсутствием ветра и т.д.

Сам Галилей отчетливо понимал разницу между идеализированным, мысленным экспериментом и экспериментом реальным. Он осознавал невозможность достоверного познания природных явлений, и именно поэтому придавал такое значение построению математических моделей изучаемых явлений. Сальвиати в "Диалогах" говорит: "Человеческий разум познает некоторые истины с такой абсолютной достоверностью, какую имеет сама природа, таковы чистые математические науки, геометрия и арифметика".

Закон свободного падения стал по сути дела первой в истории науки математической моделью реального процесса. Полагая ускорение падающего тела постоянным, легко было показать, что скорость тела прямо пропорциональна времени, прошедшему с начала падения. По сути дела, этот результат стал первым математическим описанием реального движения тел. Вполне естественно, что впоследствии, уже в посленьютоновскую эпоху, задача о падении тела на землю была решена уже с учетом действующей на это тело силы сопротивления воздуха, но первый шаг в этом направлении был сделан именно Галилеем.

В книге российского историка науки Б.Г.Кузнецова "Идеи и образы Возрождения" один из параграфов называется "От Божественной комедии" к "Диалогу". Действительно, "Божественная комедия" была написана Данте (1265 – 1321) в преддверии Возрождения, а книга Галилея – в сменившееся Возрождение Новое время.

Данте образным языком поэзии рассказывает о постижении бесконечности человеческим разумом. В равной степени и в "Диалогах" Галилея исследователь природы постигает бесконечную истину. Но делает это уже с помощью математики.

Вначале – математически выстроенные мысленные эксперименты с идеальными объектами. И затем – проверяющий теорию эксперимент. Именно так мы можем кратко обозначить то новое, что внес Галилей в методы познания Природы.

Вопросы

1. Какие факты из жизни средневекового общества дают основания говорить о переходе от "мира приблизительности к универсуму прецизионности"?
2. Почему сообщение Галилея об увиденном в телескоп было воспринято как сенсация?
3. Интерпретация наблюдений в телескоп у Галилея и у Христофора Шайнера был различной. В чем состояло различие?
4. В чем состояла гипотеза Александра Чижевского о солнечно – земных связях?
5. На каких фактах основана версия, согласно которой процесс над Галилеем был связан с его приверженностью в атомизму ?

6. Изложите позицию современной католической церкви по поводу "дела Галилея".
7. Какие аргументы представил Вернер Гейзенберг, чтобы объяснить позицию католической церкви в "деле Галилея" ?
8. Какими соображениями руководствовался Галилей, называя движение по окружности движением по инерции ?
9. Какую связь можно провести между моделями Космоса и двумя образами инерциального движения у Галилея ?
10. Почему закон свободного падения Галилея не подтверждался в экспериментах ?
11. Почему, несмотря на то, что закон свободного падения Галилея не подтверждался в экспериментах, он рассматривается как исключительно важное событие в истории науки ?

ГЛАВА VІІ. ИСААК НЬЮТОН И ЕГО ЭПОХА

Исаак Ньютон (1642 - 1727) - физик, математик, богослов, экономист, один из величайших ученых в истории человечества.

Открытия Исаака Ньютона были центральным событием в развитии естествознания XVII - XVIII вв. Механика Ньютона воспринималась как идеал научной теории не только физиками, но научным сообществом в целом. Ньютон, безусловно, оказал огромное влияние и на социально – экономическую историю. Именно поэтому мы считаем необходимым подробно обсудить научную биографию Ньютона.

Жизнь и карьера

В период обучения в средней школе Ньютон жил в доме местного аптекаря. Этот биографический факт весьма важен; по мнению историков, именно этим обусловлен интерес Ньютона к экспериментам в области химии и алхимии. В 1661 году Ньютон зачислен в число студентов Кембриджского университета, а в 1669 году он уже утвержден в должности профессора. В 1668 – 1671 гг. Ньютон конструирует первый телескоп отражательного типа (до него в телескопах использовались не зеркала, а линзы). Именно изобретение телескопа обеспечило Ньютону беспрепятственное вступление в Лондонское Королевское Общество (ЛКО). В феврале 1685 г. Ньютон завершает работу над "Трактатом о движении" и

официально представляет его коллегам по ЛКО. "Трактат" стал первой из трех книг, составивших знаменитое сочинение Ньютона "Математические начала натуральной философии". В 1687 г. "Начала" выходят в свет. С 1699 по 1725 г. Ньютон является директором Монетного двора, на этой должности он реализует финансовую реформу в Англии.

В 1701 Ньютона становится членом парламента, а в 1703 году - председателем Лондонского Королевского Общества. В 1705 году указом короля Ньютону присваивается титул рыцаря – при этом учитываются и его заслуги как ученого, и его участие в финансовой реформе в Англии – как директора Монетного двора.

Современники почитали Ньютона как величайшего из ученых. "Был этот мир великой тьмой окутан. Да будет свет – и тут явился Ньютон !" – эти строки принадлежат современнику Ньютона поэту Александру Попу (Заметим, что в двадцатом веке анонимный поэт написал столь же лаконичное продолжение: "Но сатана недолго ждал реванша: пришел Эйнштейн и стало все как раньше !").

История создания "Математических начал натуральной философии"

В 1684 г. архитектор Кристофер Рен (1632 – 1723), астроном Эдмунд Галлей (1656 – 1742), физик Роберт Гук (1635 – 1703) встречаются в одной из лондонских кофеен и обсуждают вопрос о том, как объяснить эллиптические траектории планет в солнечной системе. Рен предлагает дать премию тому, кто сможет математически доказать, что траектории планет являются эллипсами – иначе говоря, "вывести" первый закон Кеплера.. Все трое понимали, что реально претендовать на премию может только один человек, этим человеком был Исаак Ньютон. В августе 1684 г. Эдмунд Галлей приезжает в Кембридж к Ньютону и предлагает ему задачу об эллиптических траекториях планет. Вскоре Галлей второй раз посещает Ньютона и Ньютон показывает ему "Трактат о движении". В "Трактате" доказывалось, что движение по эллиптической траектории возникает под действием силы, величина которой обратно пропорциональна квадрату расстояния между планетой и Солнцем. По просьбе Галлея Ньютон в феврале 1685 г. официально представляет "Трактат о движении" Лондонскому Королевскому обществу (ЛКО). Именно "Трактат" стал первой из трех книг, составивших знаменитое сочинение Ньютона "Математические начала натуральной философии".

На заседании ЛКО 19 мая 1686 г. было принято решение напечатать труд Ньютона на средства Общества. Однако сочинение Ньютона вышло в свет только летом 1687 г., издание было осуществлено в итоге на личные средства Галлея. Задержка с изданием была связана не только с финансовыми проблемами, но также и с претензиями Роберта Гука - секретаря Лондонского Королевского Общества - на соавторство в открытии закона всемирного тяготения. Претензии Гука удалось до известной степени снять благодаря посредничеству Галлея.

Название, выбранное Ньютоном для своего главного сочинения, не случайно, оно противопоставляется "Началам философии" Рене Декарта. Ньютон специально подчеркивает, что его сочинение основано на математических расчетах (**математические** начала) и что в нем изучается Природа (**натуральная** философия) .Первая книга Начал посвящена доказательству всеобщей применимости закона всемирного тяготения. Во второй книге разбираются законы движения тел в среде с сопротивлением, в ней критикуется вихревая теория Рене Декарта. Третья книга называется "О системе мира".

Общий тираж ".Математических начал натуральной философии" составлял несколько сотен экземпляров, все они были проданы в течение трех лет – для книги такого масштаба срок весьма незначительный. Издательские расходы Галлея были, по - видимому, полностью возмещены. Заметим, впрочем, что на континенте Европы, и в первую очередь во Франции, "Начала" Ньютона не были популярны в той же степени, в какой они были популярны в Англии. Потребовалось около пятидесяти лет для того, чтобы метод Ньютона - математический по своей сути – заменил качественный, существенно более наглядный (и потому широко распространенный) метод Декарта. Заметим также, что "Начала" Ньютона воспринимались как убедительное доказательство того, что мир сотворен по определенному плану. Существенно, что и сам Ньютон пишет: «Такое изящное соединение Солнца, планет и комет не могло произойти иначе, как по намерению и по власти могущественного и премудрого существа". По этой причине " Математические начала натуральной философии" не подвергались критике со стороны церкви. Благодаря Ньютону завершился начатый Коперником и Галилеем процесс перехода к гелиоцентрической системе. В более широком смысле следствием открытий Ньютона стало возникновение новой классико-механической картины мира, сменившей картину мира Аристотеля.

Механика Ньютона. Законы движения и закон всемирного тяготения.

Главное достижение Ньютона в механике – это, безусловно, три закона механики и закон всемирного тяготения. И то и другое было впервые представлено в трактате "Математические начала натуральной философии".

Законы движения. Ниже приведены три "аксиомы движения" – известных как три закона Ньютона - в формулировке самого Ньютона.

I. Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения. Пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние.

II. Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует.

III. Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе взаимодействия двух тел друг на друга между собою равны и направлены в противоположные стороны.

Первый закон Ньютона. Обратим внимание, что в первом законе инерциальным объявляется исключительно прямолинейное движение. Для Ньютона уже очевидно, что круговое движение связано с действием на тело внешней силы; так на движущиеся вокруг Солнца планеты действует со стороны Солнца сила всемирного тяготения. Кроме того, первый закон Ньютона провозглашает эквивалентность двух состояний - покоя и движения., фактически в нем говорится об относительности понятий покоя и движения. Мы видим, таким образом, связь первого закона Ньютона с принципом относительности Галилея. Предшественником Ньютона здесь является Рене Декарт – именно он впервые в отчетливой форме определил инерциальное движение как прямолинейное и равномерное.

Российский философ и историк науки Н.Ф. Овчинников предполагает, что упоминание именно прямолинейного движения в первом и во втором законе Ньютона не случайно. Это позволяет говорить о близости Ньютона картине мира античных натурфилософов Демокрита и Левкиппа (см. главу "Наука Античности"), ключевым понятием которой является движение атомов в бесконечном пустом пространстве по траекториям, составленным из прямолинейных отрезков. Совсем иной была картина мира Платона и Аристотеля, для нее определяющим был образ кругового движения небесных тел в отсутствие каких-либо действующих на эти тела сил.

Второй закон Ньютона. Обратим внимание, что ньютоновская формулировка второй "аксиомы движения" отличается от формулировки второго закона Ньютона, приведенной в школьных учебниках физики. ("сумма сил, действующих на тело, равняется произведению массы тела на его ускорение"). В формулировке Ньютона понятие массы отсутствует, но присутствует понятие количества движения (определяемого в механике как произведение массы тела на его скорость) . Только в такой формулировке второй закон Ньютона остается справедливым и в специальной теории относительности Альберта Эйнштейна.. Почему ? Потому что согласно теории относительности масса тела зависит от его скорости, а именно масса движущегося тела $m = m_0 / \sqrt{1 - v^2 / c^2}$, где m -масса покоящегося тела. В "школьной" формулировке второго закона Ньютона масса тела "по умолчанию" предполагается неизменной, а потому в этой формулировке он не согласовывается с теорией относительности. В формулировке же Ньютона фигурирует изменение количества движения, тем самым неявно предполагается, что изменяться может не только скорость тела , но и масса.. Интуиция не подвела Ньютона !

Третий закон Ньютона. Интересно, что для современников Ньютона было достаточно не просто применить третий закон Ньютона к гравитационному взаимодействию космических объектов. Согласно этому закону, силы взаимодействия двух тел равны по величине (и

противоположны по направлению). Казалось очень странным, что сила, с которой Солнце притягивает планету, равна силе, с которой планета притягивает Солнце. Сомневался в этом даже Роджер Котс, редактор второго издания "Математических начал натуральной философии", и Ньютону стоило больших трудов переубедить своего редактора.

Закон всемирного тяготения Величайшим достижением Ньютона стал закон всемирного тяготения. Согласно закону, сила тяготения пропорциональна произведению масс взаимодействующих тел и (в случае шарообразных тел) обратно пропорциональна квадрату расстояния между центрами тел. Сила тяготения действует и в мегамире – между космическими объектами, и в макромире – как сила притяжения со стороны Земли (сила тяжести). В этом смысле известная легенда об упавшем на голову Ньютона яблоке неслучайна. Действительно, та же самая сила, которая ответственна за движение планет вокруг Солнца, ответственна и за падение яблока на Землю. Тяготение действительно является всемирным, а закон всемирного тяготения разрушает границу между подлунным и надлунным миром..

Напомним, что в античной науке (см. параграф **Космология Аристотеля**) предполагалось, что строгие математические закономерности могут быть сформулированы только в отношении астрономических явлений и процессов; процессы же, протекающие на Земле, в принципе не могут быть описаны языком математики. Тем самым проводилась граница между земным миром (подлунным) и миром Космоса (надлунным).Напомним также, что разрушение этой границы было начато Галилеем, открывшим с помощью телескопа пятна на Солнце и горы на Луне.

Астроном Вильям Гершель (1738 – 1822) известен в первую очередь открытием планеты Уран в 1781 г. и инфракрасных лучей в 1800 г. Он, кроме того, установил весьма важный факт : что двойные звезды представляют собой системы, движение которых определяется законом всемирного тяготения (до Гершеля считалось, что двойные звезды – это две звезды, случайно оказавшиеся на близком расстоянии друг к другу. Тем самым было продемонстрировано, что закон всемирного тяготения справедлив и за пределами солнечной системы.

Согласно современным представлениям, в природе , кроме всемирного тяготения, присутствует также антитяготение, причем в наблюдаемой части Вселенной антитяготение преобладает над тяготением. Вывод о том, что антитяготение существует, был сделан на основании наблюдений за скоростями взаимного удаления галактик...в конце двадцатого столетия эти наблюдения показали, что скорости разлета галактик увеличиваются со временем. До этих наблюдений астрофизики считали, что разбегание галактик должно замедляться под действием силы всемирного тяготения. Антитяготение связывается с существованием "темной энергии", физическая природа которой неясна. Существуют предположения, что мы имеем дело с проявлениями свойств вакуума.

Что же касается справедливости закона всемирного тяготения на малых расстояниях, то весьма авторитетная в физике элементарных частиц "теория струн" предсказывает, что закон всемирного тяготения должен нарушаться в микромире, что на расстояниях порядка десятых долей миллиметра сила тяготения увеличивается в десятки тысяч раз. Проведенные в начале нового тысячелетия эксперименты не подтвердили предсказания теории струн. Согласно этим экспериментам, на расстояниях до 218 микрометров (миллионных долей метра) закон всемирного тяготения Ньютона не нарушается.

Идея тяготения: краткая история

Впервые вопрос "Почему тела падают на Землю?" был поставлен в античной науке. Пытаясь ответить на него, Аристотель ввел понятие "естественных мест", стремление к которым испытывают тела в процессе движения. Тело тем сильнее стремится "воссоединиться" с Землей (своим "естественным местом"), чем больше его масса. Наблюдения подтверждали эту идею Аристотеля: падение на Землю более тяжелого тела происходило за меньшее время.

Иначе решался вопрос, связанный с движением планет вокруг Земли (в геоцентрической системе) или Земли вокруг Солнца (в гелиоцентрической системе). И в той и в другой системе движение планет по круговым траекториям достаточно долго считалось естественным и вечным, не связанным с действием каких-либо сил.

Напомним, что в представлении Иоганна Кеплера со стороны Солнца на планеты действовала сила, напоминающая магнитную. Потому что в научном сообществе была широко известна книга "О магните, магнитных телах и о большом магните – Земле", автором которой был первый исследователь земного магнетизма доктор медицины Вильям Гильберт (1540 – 1603).

Напомним также, что с точки зрения Галилео Галилея движение планет вокруг Солнца было естественным и вечным, эллиптические же траектории, как считал Галилей, противоречат образу идеального и эстетически совершенного Космоса. Для Галилея движение планет вокруг Солнца в принципе не должно было быть связано с действием каких-либо сил. Вполне естественно поэтому, что законы Кеплера Галилей не признавал...а по мнению российского историка науки В.С.Кирсанова даже Ньютон не считал законы Кеплера полноценными законами - поскольку они не были выведены математически (это сделал уже сам Ньютон).

О тяготении тел друг к другу и о том, что оно вызывается их взаимным желанием сблизиться друг с другом пишет - всего за пятьдесят лет до появления закона всемирного тяготения - Этьен Паскаль (, отец знаменитого французского физика и философа Блеза Паскаля. (1623 – 1662). В 1661 г. Лондонское Королевское Общество формирует специальную комиссию для выяснения природы силы тяжести. О "естественном

стремлении небесных тел соединиться друг с другом" заявляет в 1666 г. итальянский физик Дж. Борелли (1608 – 1679)

Ньютон – единственный автор закона всемирного тяготения ?
Возможную зависимость действующей в Космосе силы тяготения от расстояния обсуждает Роберт Гук. Гук действительно в разное время и в разной форме высказал основные идеи закона всемирного тяготения . В письме, датированным 22 мая 1686 года, член Королевского общества и друг Ньютона астроном Галлей сообщил Ньютону, что член общества Роберт Гук считает, что именно он установил зависимость силы тяготения от расстояния Однако он никогда не формулировал эти высказывания в законченном виде - в форме универсального закона, справедливого для всех тел во вселенной. Сам Ньютон именно в таком виде сформулировал свой закон. На претензии Гука Ньютон, однако, отвечает весьма резко и раздраженно. В итоге он все же упоминает имя Гука среди своих предшественников, но делает эту ссылку в весьма обидной для того форме. Отметим, что ко всему, что касалось вопросов приоритета, Ньютон был весьма чувствителен и в приоритетных спорах нередко использовал свои возможности председателя Лондонского Королевского Общества. Так, пропажу рукописей Роберта Гука. связывают с именем председателя ЛКО Исаака Ньютона.

Природа силы тяготения. Дальнодействие и близкодействие

Что касается вопроса о механизме передачи силы тяготения от Солнца к планетам, то Ньютон его сознательно избегает и постоянно подчеркивает математический характер "Начал".. В 1713 г, во втором издании "Начал", мы встречаем в связи с этим знаменитую фразу Ньютона "гипотез не измышляю" (*hypotheses non fingo*). Широко известным стало и Предисловие ко второму изданию "Начал", написанное издателем книги Роджером Котсом. Котс иронически отзывается о декартовой теории вихрей как о попытке объяснить тяготение и подчеркивает, что тяготение первично и что природа его непостижима. В то же время ньютонианец Котс был – как это часто бывает – категоричнее своего учителя, поскольку сам Ньютон все же время от времени обсуждал возможное устройство передающей тяготение среды.

.В современных учебниках физики с законом всемирного тяготения (и с механикой Ньютона в целом) связывается принцип дальнодействия, согласно этому принципу скорость передачи взаимодействия бесконечна. Физики отказались от этого принципа только в XIX веке, с появлением теории электромагнитного поля Фарадея - Максвелла. Основой этой теории был принцип близкодействия, так как скорость распространения электромагнитного взаимодействия конечна и зависит от параметров среды,

разделяющей взаимодействующие объекты. Вполне естественно, что появление теории электромагнитного поля Фарадея – Максвелла воспринималось как существенный отход от картины мира Ньютона.

Современная теория тяготения основывается на общей теории относительности (ОТО) Алберта Эйнштейна (1879 – 1955). Тяготение в ОТО связывается с искривлением пространства – времени из-за присутствия массивных тел. В относительно слабых гравитационных полях остается справедливой теория тяготения Ньютона. Распространение колебаний гравитационного поля происходит, согласно ОТО, со скоростью света. Тем не менее гравитационные волны экспериментально до сих пор не обнаружены.

Ньютон и "ньютоновская картина мира"

Реальное научное наследие Ньютона выходит далеко за рамки того, что принято называть "ньютоновской картиной мира".. Известный советский физик, президент Академии наук СССР в 1945 – 1952 гг. С.И.Вавилов (1891 – 1951) замечает, что "многие постулаты и следствия теории относительности не казались совсем неожиданными и неприемлемыми даже создателю классической физики". Приведем несколько таких – поистине пророческих - высказываний Исаака Ньютона. Эти высказывания Ньютона С.И.Вавилов использует в качестве эпиграфов в своей книге "Экспериментальные основания теории относительности".

"Не обращаются ли большие тела и свет друг в друга? ..Превращения тел в свет и света в тела соответствует ходу природе, которая как бы услаждается превращениями." Современной физике известен процесс "рождения света" с одновременным исчезновением вещества. Это – аннигиляция электрона и позитрона (впервые экспериментально зафиксирована в 1933 г.), в результате которой появляются фотоны гамма-излучения. Возможен, естественно, и обратный процесс – рождение электрон-позитронной пары. При аннигиляции высвобождается энергия в соответствии со знаменитой формулой Эйнштейна $E = mc^2$

"Не действуют ли тела на свет на расстоянии и не изгибают ли этим действием его лучей...?" Измеренное британским астрономом Артуром Эддингтоном (1882 – 1944) в 1919 году искривление лучей света от удаленных звезд под действием силы тяготения Солнца (измерения осуществлялись во время солнечного затмения) современники восприняли как триумфальное подтверждение выводов общей теории относительности Эйнштейна.

"Может оказаться, что в действительности не существует покоящегося тела, к которому можно было бы относить места и движения прочих". Это высказывание можно рассматривать как своеобразное предвосхищение теории относительности, отвергавшей понятие абсолютного пространства (см. ниже) и связанной с ним выделенной системы отсчета.. С.И.Вавилов замечает "Как физик Ньютон

был релятивистом (то есть сторонником идей теории относительности – Б.Б.), как философ он признавал абсолютное пространство и время".

Правомерно ли в связи с приведенными высказываниями говорить, что Ньютон предсказал – за две с половиной сотни лет – эффекты, описанные в теории относительности ? Ответ должен быть отрицательным, в данном случае правильнее говорить о предвосхищении – этот термин весьма популярен у историков науки. Предвосхищение Ньютона – пример весьма частой ситуации, когда размышления выдающихся мыслителей не имеют "срока давности" и "обречены" на новые и неожиданные прочтения последующими поколениями.

Ньютон и алхимия

Точно так же исследования Ньютона в области алхимии и богословия (соответствующие записи Ньютон не предназначал для публикации, они остались в рукописном виде) свидетельствовали о том, что автор рациональной схемы мироздания, прекрасно сознавал сложность мироустройства, пытался постичь его методами, далекими и от связываемых с его именем математических расчетов и от почитаемых в Лондонском Королевском Обществе экспериментальных исследований (см. параграф "Алхимия") . Биограф Ньютона Роберт Уэстфолл отмечает, что Ньютон прочитал приблизительно 5000 страниц алхимических рукописей.

Приведем слова российского историка науки И.С.Дмитриева о Ньютоне : "...английский мыслитель в течение двух с лишним столетий после его смерти воспринимался научным сообществом и только как основатель классической физики и создатель (или один из создателей) "инфинитезимального исчисления" (то есть высшей математики – Б.Б.) и "механической картины мира". Теологические и алхимические рукописи Ньютона представляли для историков науки своего рода камень преткновения. В XVIII веке они считались непригодными к публикации. В XIX столетия на них смотрели либо как на нечто недостойное его гения, либо как на досадную случайность, "чуждачества" великого ума, либо как на результат его изысканий, выполненных , когда Ньютон уже был в ...как бы это помягче сказать, весьма преклонном возрасте." Только в 70 – годах двадцатого столетия наметились изменения в отношении алхимической и теологической деятельности Ньютона. Связано это с общим изменением позиции историков науки, с возникновением интереса к психологии ученого, к фактору "бессознательного" в процессе научного поиска (см. параграф "Кеплер и астрология").

Один пример наглядно показывает чрезвычайное внимание Ньютона к алхимическим экспериментам. В 1676 г. Роберт Бойль (1627 – 1691) сделал на заседании Лондонского Королевского общества доклад об опытах, в которых, по его словам, он обнаружил вещество, получение которого было одной из главных задач алхимиков. По этому поводу Ньютон заметил, что Бойлю следует скрывать информацию о своем открытии; Ньютон считал,

что, если станет известен способ превращения одних веществ в другие, то такое открытие может дестабилизировать экономическую и политическую ситуацию в обществе.

К чему стремился Ньютон, занимаясь алхимией? По мнению Ньютона, не все действующие в Природе силы можно свести к механическим. Ньютон писал об исходящих от Бога "активных началах", которые могут приводить тела в движение в соответствии с божественной волей. Таким "началом", к примеру, является и сила тяготения. Здесь, по мнению Ньютона, уместна аналогия с человеком, который приводит в движение собственное тело. Если бы в Природе не было "активных начал", то, считает Ньютон, "возникновение, рост и жизнь прекратились бы, а планеты и кометы не остались бы на своих орбитах". Вот что написал по поводу алхимических увлечений Ньютона его биограф Роберт Вестфолл, "Источником его упорства и долготерпения за письменным столом и у алхимического горна маленькой лаборатории в саду Тринити – колледжа стало желание постичь скрытый источник движения и изменения природных тел, биения жизни, познать исходящее от Бога немеханическое активное мировое начало, "без которого тела Земли, планет, комет и солнца начали бы охлаждаться, замерзать и превратились бы в безжизненные массы"" (цит. по И.С.Дмитриев. "Неизвестный Ньютон. Силуэт на фоне эпохи.",).

История цивилизации... без Ньютона

6 февраля 1672 года, вскоре после избрания в действительные члены Лондонского Королевского Общества (ЛКО), Исаак Ньютон представил обществу статью с изложением своих взглядов на теорию белого света. Он, безусловно, рассчитывал на несомненное и безоговорочное одобрение своей теории. Члены общества с большим интересом выслушали доклад Ньютона, однако безоговорочного одобрения не последовало после чего контакты Ньютона с Обществом стали относительно редкими. Возобновление сотрудничества Ньютона с ЛКО произошло только в августе 1684 года, когда (см. выше) член ЛКО астроном Эдмунд Галлей обратился к Ньютону с просьбой помочь в решении известной математической задачи. Задача состояла в теоретическом определении траектории движения планет вокруг Солнца. Именно в ответ на эту просьбу Ньютон представил обществу знаменитые "Математические начала натуральной философии".

Вслед за журналом *New Scientist* попытаемся ответить на интригующий вопрос: А если бы встречи Галлея с Ньютоном не было и у Ньютона не было повода завершить свой труд и представить его научному сообществу? Смог бы кто-нибудь другой заменить его и сделать то же самое, что удалось сделать Ньютону? Сформулировать закон всемирного тяготения, позволявшем описать внешне никак не связанные друг с другом явления, по видимости друг с другом никак не связанные: падение

яблока на Землю и движение Земли вокруг Солнца? А смог ли бы кто-нибудь другой создать механическую картину мира?.

Предположим, Ньютон не завершает "Начала" и они не выходят в свет. Как в этом случае развивается физика? Вполне вероятно, что движение планет все равно удалось бы объяснить – но с помощью не абстрактной силы тяготения (природа которой была неясна), которую вводил закон Ньютона, а весьма наглядной теории эфирных вихрей, автором которой был великий француз Рене Декарт. Возможно, что в этой ситуации закон всемирного тяготения вообще не появился бы на свет. Соответственно Ньютону не удалось бы реализовать свою идею объяснения с единой точки зрения таких разных процессов, как движение планет вокруг Солнца и падение яблока на Землю. Вполне возможно, что стремление к описанию различных явлений и процессов с единой точки зрения вообще не стало бы для физиков главной идеей в исследовании Природы. В этом случае могла бы не появиться электромагнитная теория света Джемса Клерка Максвелла, теория относительности Альберта Эйнштейна и многое другое...

. Заметим также, что в немалой степени именно благодаря Ньютону ученые (и в первую очередь физики) стали столь уважаемыми в обществе людьми. Вполне вероятно, что, не опубликуй Ньютон своих законов, "главными" учеными в обществе могли бы стать, к примеру, химики - представители прикладной науки (с точки зрения медицины).

Исаак Ньютон и развитие естествознания

Попробуем вкратце обсудить, в каких направлениях проходило влияние Ньютона на последующее развитие естествознания

Небесная механика. Детерминизм

Важнейшим достижением Ньютона стал, как уже говорилось, закон всемирного тяготения и три закона движения. Эти законы стали основой небесной механики, которая воспринималась как наиболее впечатляющее наследие Ньютона. Первым достижением небесной механики стало предсказание возвращения кометы Галлея. Уже упоминавшийся выше Эдмунд Галлей предсказал, что комета (названная впоследствии в его честь "кометой Галлея") вернется в 1758 г. Французский математик А. Клеро (1713 – 1765) сделал уточняющие расчеты движения кометы, приняв во внимание гравитационное воздействие на комету со стороны Юпитера и Сатурна. Как и предсказал Клеро, комета прошла точку перигелия (т.е. минимального расстояния от Солнца) в марте 1759 г.

Открытие Нептуна. Однако наиболее впечатляющей демонстрацией могущества небесной механики стало открытие восьмой планеты солнечной системы - Нептуна - в 1846 г. Британский астроном И. Галле (1812 – 1910) обнаружил Нептун практически в той самой точке, в которой

– согласно расчетам Джона Адамса (и Урбена Леверье (1811 – 1877)– он должен был находиться. В связи с чем небесная механика занялась предсказаниями существования восьмой планеты солнечной системы ? Дело в том, что в конце 18 века британский астроном Вильям Гершель открыл седьмую планету солнечной системы – Уран. Наблюдаемое движение Урана, однако, не соответствовало расчетам. В связи с этим некоторые ученые предполагали, что закон всемирного тяготения нуждается в корректировке. Авторитет Ньютона, однако, был настолько высок, что эти предположения практически не рассматривались; наиболее серьезным считалось предположение, что на движение Урана оказывает влияние некая новая планета солнечной системы. Ее возможное местоположение и было рассчитано Адамсом и Леверье. Их расчеты и использовал Галле в своих наблюдениях.

Лаплас. Ключевой фигурой в небесной механике был выдающийся французский математик Пьер Симон Лаплас (1749 – 1827). Лапласу удалось рассчитать движения планет солнечной системы с учетом их гравитационного взаимодействия друг с другом (а не только с Солнцем). При этом весьма важным был вопрос об устойчивости солнечной системы. Говоря об устойчивости, мы имеем в виду, что на протяжении сотен миллионов лет в солнечной системе не происходит существенных изменений траекторий планет, и солнечная система существует как единое целое, при том что движение планет подчиняется строгим законам небесной механики. Ньютон считал, что такая устойчивость обеспечивается периодическим вмешательством высшего разума. Лаплас же доказал устойчивость солнечной системы, основываясь на ньютоновских законах движения, законе всемирного тяготения и разработанных им математических методах решения задач небесной механики.

С именем Лапласа связывается идеологию "детерминизма". Под детерминизмом принято понимать систему взглядов, согласно которым поведение любой системы можно предсказать в будущем сколь угодно точно, если известны скорости и координаты элементов этой системы в данный момент времени.. Детерминизм воспринимался как неотъемлемая часть ньютоновской картины мира (ее также принято называть **классической картиной мира**). Приведем знаменитое высказывание Лапласа, на которое часто ссылаются как на образную формулировку идеи детерминизма "Ум, который знал бы все действующие силы природы, а также относительное положение всех составляющих ее частиц и который был бы достаточно обширен, чтобы все эти данные подвергнуть математическому анализу, смог бы охватить единой формулой движение как величайших тел вселенной, так и ее легчайших атомов; для него не было бы ничего неопределенного. Он одинаково ясно видел бы и будущее, и прошлое. То совершенство, какое человеческий разум был в состоянии придать астрономии, дает лишь слабое представление о таком уме "

В середине девятнадцатом столетии обозначился отход от некоторых положений классико-механической картины мира. В частности, основой

молекулярно – кинетической теории газов стали статистические понятия; поскольку огромное число столкновений молекул (происходивших при этом по законам механики Ньютона) делало принципиально невозможным детальное предсказание всех траекторий всех молекул. Молекулярно – кинетическая теория (МКТ) оперировала понятиями средней скорости молекул, наиболее вероятной скорости молекул; давление газа и его температура также были связаны со средними значениями импульса молекул и со средним значением кинетической энергии молекул. Фактически МКТ соединила идеи механики со статистическими методами расчета, и было бы неправильным говорить - в связи с появлением МКТ - об отказе от детерминизма классической механики.

Неклассическая картина мира

И только в начале двадцатого столетия, с развитием квантовой механики, начался реальный отход от детерминизма механики классической. Одним из основных принципов квантовой механики стал принцип неопределенности Гейзенберга. Согласно этому принципу, координата и скорость микрочастицы не могут быть одновременно определены с одинаковой точностью. Уточнение координаты микрочастицы приводит к потере информации о ее скорости и наоборот. В рамках квантовой механики теряет смысл классическое понятие траектории микрочастицы, можно лишь говорить о вероятности того, что частица находится в окрестности той или иной точки. Принято говорить об индетерминизме квантовой механики. Именно поэтому появление квантовой теории связывалось с отказом от классической картины мира. В свою очередь , квантовая теория и теория относительности стали основой так называемой неклассической картины мира..

Хаос и небесная механика. В конце двадцатого столетия произошли существенные изменения в представления о небесной механике как о науке, основанной на идее детерминизма. Благодаря появлению компьютеров появилась возможность моделировать поведение солнечной системы на временных промежутках в десятки миллионов лет. Ситуация описывается так называемой теорией хаоса и сводится к следующему. Поведение системы, описываемой математически относительно простыми законами (в случае солнечной системы таковыми являются законы движения Ньютона и закон всемирного тяготения), может в некотором смысле стать случайным. К примеру, Плутон через сто миллионов лет будет находиться на той же околосолнечной орбите, что и сейчас, однако предсказать его положение на орбите мы не в состоянии. С точки зрения "теории хаоса" современное представление о солнечной системе предполагает, что в "человеческом масштабе времени" она является вполне детерминистическим объектом, поведение которого вполне предсказуемо. В масштабе же сотен миллионов лет ее будущее становится непредсказуемым; согласно одному из возможных сценариев, солнечная

система даже может лишиться одной из своих планет. Таким образом, физика отказалась от детерминизма в понимании Лапласа не только в микро, но и в мегамире.

Пространство и время. В "Математических началах натуральной философии" Ньютоном были сформулированы идеи о природе пространства и времени. Так, по мнению Ньютона, существуют абсолютное пространство и абсолютное время – единые для всех возможных систем отсчета. Эти идеи стали восприниматься как ключевые положения связываемой с именем Ньютона "классической науки". Еще одним таким положением была идея детерминизма.

Отказ от этих идей был бы воспринят как отказ от фундаментальных представлений классической науки. Именно так воспринималась созданная Альбертом Эйнштейном в начале двадцатого столетия теории относительности. Напомним, что в специальной теории относительности вводится понятие единого пространства – времени и относительность понятия длины отрезка, а также и понятия разделяющего два события промежутка времени. А в общей теории относительности (эйнштейновская теории тяготения) свойства пространства - времени зависят уже от присутствия массивных тел, что в наиболее яркой форме проявилось в образе "черной дыры". Образующаяся на конечной стадии эволюции звезд очень большой массы, черная дыра характеризуется замедлением течения времени в находящихся вблизи нее точках пространства, а также и искривлением этого пространства.

Механика как идеал научной теории

Главная книга Ньютона – "Математические начала натуральной философии" – производила впечатление на естествоиспытателей не только содержанием, но и своей четкой структурой, продуманной формулировкой основных положений, строгими определениями основных понятий, соответствием между теорией и данными наблюдений и экспериментов. По этой причине "Начала" воспринимались естествоиспытателями XVIII – XIX вв. как образец научной теории. Добавим к этому, что в основу теории были положены универсальные законы, сформулированные на математическом языке.

Стремление к достижению подобной же ясности и структуры было характерно в XVIII веке и для химиков и для биологов. При этом лишь немногие биологи пытались реально применять в своих исследованиях законы механики. Соответствующее направление в биологии (его представители пытались свести законы жизнедеятельности растений и организмов к законам механики.) известно в истории биологии как "ятромеханика", его основателем считается итальянец Дж. Борелли (1608 – 1679). В своем труде "О движении животных" Борелли описал механически и математически полет птиц, плавание рыб, бег и прыжки животных. Он впервые интерпретировал движение сердца как сокращение мышц. Борелли

связал эластичность кровеносных сосудов с непрерывностью кровотока в капиллярном русле. Он также разработал методику определения центра тяжести человеческого тела.

Вряд ли можно говорить о непосредственном использовании механики Ньютона биологами за исключением сторонников ятромеханики. Однако вполне допустимо говорить о том, что биологов привлекала ясность изложения и структура построения "Математических начал натуральной философии"...отчасти это проявлялось в попытках классифицировать и систематизировать огромный массив информации, накопленный биологией в эпоху великих географических открытий. Первая искусственная система классификации живых организмов (животных и растений) была предложена шведским химиком Карлом Линнеем. (1707 – 1778). В частности, Линней разделил 10 000 видов растений, известных в его время, на 24 класса и 116 порядков.

Основное же влияние на биологию оказал не столько Ньютон, сколько его современники - выдающиеся мыслители Декарт и Лейбниц (1646 – 1716) (см. главу "Рене Декарт"). В курсах истории биологии отмечается при этом, что большинство попыток свести биологические явления к законам механики было признано неудавшимися и по этой причине в конце девятнадцатого века в биологии наблюдается рост популярности виталистических концепций. Сторонники витализма предполагают существование нематериальной жизненной силы (не описываемой физическими или химическими законами), обеспечивающей развитие живых организмов и растений. "Протесты химиков и медиков против сведения физиками процессов жизнедеятельности в мерному тиканию механизмов и спокойному проявлению универсальных законов приобрели во времена Дидро (то есть в середине XVIII века – Б.Б.) широкое распространение." – эту фразу мы встречаем в знаменитой книге Ильи Пригожина (и Изабеллы Стенгерс "Порядок из хаоса". "Порядок из хаоса" вышел в свет в 19 г., и стал широко известен как манифест сторонников теории самоорганизации - нового междисциплинарного направления в науке, объединяющего естественнонаучное и гуманитарное знание.

Количественный эксперимент в биологии

При всем том следует отметить, что биологи – как следствие успехов механики – существенно чаще стали использовать количественный эксперимент. Такие эксперименты, проводил, например, Стефан Гейлс (1677 – 1761). Известный историк науки Ф.Даннеманн пишет о Гейлсе: "Остававшийся у него после выполнения обязанностей священника досуг он употреблял для осуществления великой задачи, именно, для распространения физического мировоззрения и физических методов исследования на область явлений жизни". Фактически Гейлс пытался установить, не происходит ли в растении какой-либо процесс, аналогичный открытому Гарвеем процессу кровообращения. Изучение растений в

работах Гейлса было связано исключительно с вычислением, измерением и взвешиванием- процедурами, до того использовавшимися исключительно физиками.

Гейлс впервые измерения интенсивности, с которой растения испаряют воду в разное время суток и с разными типами листьев, определил количество жидкости, впитываемое растением из почвы. Он также определил скорость движения воды в растениях, измерив для этого время между всасыванием воды корнями и испарением воды через листья.. Ему, кроме того, удалось численно определить кровяное давление у животных. Отметим, что Гейлс еще не различал газы и считал, что любое газообразное вещество, вне зависимости от его происхождения, представляет собой загрязненный примесями воздух.

Продолжателем Гейлса в смысле активного внедрения в биологию экспериментального метода называют обычно Томаса Найта (1759 – 1832). Свои эксперименты Найт, выпускник Оксфордского университета, проводил в собственном поместье. Он, в частности, экспериментально доказал, что причиной роста корней в направлении центра Земли является сила тяжести. Для этого он поместил семена фасоли на обод вращающегося колеса таким образом, что выделенным становилось радиальное (относительно оси вращения) направление. В результате стебли начали прорастать в направлении центра вращающегося колеса, а корни (под действием центробежной силы) – в направлении "от центра". Открытое Найтом явление получило название геотропизма. Найт также открыл явление гидротропизма – искривление корней растений в сторону воды. Эти открытия воспринимались современниками как аргументы против идей витализма.

Вес, масса и химические исследования

В своем курсе истории химии Ю.И.Соловьев открывает главу "Развитие аналитической и пневматической химии" следующим замечанием . "В 1887 г. И.Ньютон открыл универсальный закон взаимного притяжения любых тел с силой F , обратно пропорциональной квадрату расстояния r между ними и прямо пропорциональной произведению их масс m и M . Из ньютоновской механики вытекало важное положение, что только масса тела постоянна при всех механических процессах. Понятие массы И.Ньютон определял так: "Количество материи есть мера таковой, устанавливаемая пропорционально плотности и объему ее...Определяется масса по весу тела, ибо она пропорциональна весу". Установление опытным путем пропорциональности между массой тела и его весом подвело прочную научную базу под количественные исследования в химии ". Иными словами, легко определяемое изменение веса веществ в химических реакциях позволяло определять изменения масс этих веществ.

Форма Земли

На основании теоретических соображений Ньютон пришел к выводу, что по своей форме Земля является шаром, сжатым у полюсов. Напротив, сторонники Рене Декарта придерживались его точки зрения, согласно которой Земля была, напротив, сжата в области экватора и растянута у полюсов. Французское правительство организовало в 1735 и 1736 гг. специальные экспедиции, в которой изучалось изменение длины секундного маятника. ("секундным" называют маятник, период колебаний которого равняется одной секунде). В экспедиции было установлено, что длина такого маятника уменьшается при приближении к экватору. Эти измерения подтверждали форму Земли "по Ньютону"...действительно, на экваторе из-за большего расстояния до центра Земли ускорение свободного падения должно было быть численно меньше. А значит, должна была быть меньше и длина секундного маятника (период колебаний математического маятника пропорционален квадратному корню из отношения длины маятника к ускорению свободного падения).

Ньютон и социально – экономические науки

Влияние Ньютона на развитие цивилизации прослеживается в классических работах российского историка науки Б.Г.Кузнецова; ниже мы используем его работу "Классическая механика и общественно – экономическая мысль" Так, важная роль в пропаганде идей классической механики принадлежит знаменитому философу Томасу Гоббсу.. Гоббс стремился максимально сблизить гражданскую философию с естествознанием. По его мнению, для этого необходимо ввести в науках об обществе, как и в механике, строгие определения основных понятий. А после этого определить, что представляют собой элементы социальной системы. Так, по мнению Гоббса элементами социальной системы являются люди - аналогично тому как элементами машины являются колеса и пружины..

Вольтер. Центральную роль в пропаганде идей Ньютона в континентальной Европе сыграл великий французский мыслитель Вольтер (1694 – 1778). "Математические начала натуральной философии" переводила с латинского на французский близкая знакомая Вольтера маркиза дю Шатле . Французское издание "Начал" вышло с предисловием Вольтера, но еще до этого Вольтер опубликовал ставшую широко известной книгу "Элементарное изложение учения Ньютона". В ней он, в частности, пишет: "Высокие истины, которыми мы обязаны Ньютону, были окончательно приняты во Франции лишь после того, как ушло целое поколение людей, державшихся до старости заблуждений Декарта: ибо каждая истина, как и каждая заслуга, встречает вражду со стороны современников"

Обсуждая роль Вольтера в распространении идей Ньютона в континентальной Европе, Б.Г.Кузнецов замечает" Не он один сделал

классическую механику событием истории цивилизации, но он это сделал в наиболее явной и наиболее прямой форме. " При этом Б.Г. Кузнецов сравнивает классическую механику с классицизмом в литературе : "Французский литературный классицизм XVIII в. и английский, научный, механический "классицизм" связаны не только повторением одного и того же слова в его совершенно различных значениях". По мнению Кузнецова, классическая механика и литературный классицизм близки в том, что были оба ориентированы на утверждение однозначных и окончательно установленных принципов. Для классической механики такими принципами были идея абсолютного пространства, абсолютного времени и принцип дальнего действия.. Основой же литературного классицизма было положение о том, что литературный язык должен стремиться к рациональной точности.

Противостояние ньютонианцев и картезианцев оказалось весьма важным фактором при организации Академии наук в С-Петербурге. Сторонники Ньютона во Франции, столкнувшись с неприятием их взглядов академическим научным сообществом, принимали приглашения Петра Первого (приехавшего в Париж в 1717 г.) переехать в Петербург. В результате в С-Петербурге оказалось достаточно много сторонников Ньютона, и Российская Академия наук, таким образом, стала в первые десятилетия XVII века одним из тех немногих научных центров Европы, где пропагандировалось учение Ньютона.

Сен- Симон и Фурье. Очень важная линия влияния идей Ньютона связана с концепцией утопического социализма. Основателями утопического социализма были граф Клод Сен- Симон (1760–1825) и Франсуа Фурье (1772 – 1837). В своих сочинениях Сен-Симон и Фурье описали гипотетическое общество будущего. Б.Г.Кузнецов: "Сен-Симону и Фурье казалось, что превращение науки об обществе в социальную физику, преобразование ее в часть учения о космосе превратит человеческое общество в столь же упорядоченное целое, каким является физика космоса, основанная на учении Ньютона". В 1813 г. Сен-Симон пишет трактат "Всеобщее тяготение", он предлагает передать власть над миром "совету Ньютона" , двадцать членов Совета должны быть избраны человечеством.. Фантастичность этих проектов достаточно очевидна. Но они имеют более глубокую основу – веру в объединение науки на основе механики как учения об универсальных законах. В определенном смысле Сен – Симона и Фурье вдохновляли идеи детерминизма, они считали, что их можно использовать не только при описании солнечной системы, но и при описании устройства общества. Сен –Симон и Фурье – основоположники утопического социализма – были убеждены, что идеи правят миром. Они считали, что вслед за изменениями представлений об обществе произойдут реальные изменения в устройстве общества.

Ньютон и Монетный двор Имя Ньютона вписано также и в историю экономики. В 1696 году английское правительство делает Ньютону предложение занять хорошо оплачиваемую (и влиятельную)

должность хранителя Монетного двора. Каковы были соображения правительства, обратившегося с таким необычным предложением к знаменитому ученому? Немалый интерес руководителей страны вызывала деятельность ученых, их методы изучения Природы, используемые ими правила ведения дискуссий и разрешения споров, Используя интеллектуальный потенциал ученых в политической и экономической работе, власть стремилась использовать их опыт с тем, чтобы выйти из полосы политических и экономических кризисов.

Ньютон в должности хранителя (а с 1699 г. директора) Монетного двора был весьма успешен. Достаточно сказать, что свой пост он покинул только в 1725 году – всего за два года до смерти. При Ньютоне чеканку полноценной монеты, производимой Монетным двором, увеличилась в десять раз, изменилась и сама функция денег в экономике. Деньги перестали быть всего лишь средством осуществления торговых операций, они превратились в важнейший инструмент национальной экономики.. В истории Англии насчитывалось несколько ученых занимавших столь необычный пост: с 1696 по 1698 г. астроном Эдмунд Галлей возглавлял один из филиалов Монетного двора, а в 1850 г. директором Монетного двора назначается астроном и физик (пионер в области фотографии, впервые использовавший термины "позитив" и "негатив") Джон Гершель (1792 - 1871)..

Тот факт, что Ньютон занимал высокий пост, позволяет историкам высказывать гипотезу о его встрече с другим великим реформатором - Петром Первым. В период Великого посольства, в 1698 году, русский царь дважды посещал Монетный двор, и, скорее всего, встречался с его хранителем...

Вопросы

1. В каком смысле можно говорить о влиянии идей античной науки на формулировку законов Ньютона ?
2. Почему второй закон Ньютона, сформулированный на языке сил и ускорений, не выполняется в специальной теории относительности ?
3. Что можно сказать о справедливости закона всемирного тяготения в мегамире (т.е., в масштабах межзвездных и межгалактических расстояний) ?
4. Что можно сказать о справедливости закона всемирного тяготения в микромире ? Какие еще фундаментальные взаимодействия определяют поведение микрочастиц ?
5. Что такое дальноедействие и близкоедействие ?
6. Как образ упавшего на голову Ньютона яблока связан с дискуссиями вокруг обнаруженных Галилео Галилеем пятен на Солнце.?
7. Какие факты дают основания говорить, что Ньютон "предчувствовал" открытия специальной теории относительности ?

8. Какие примеры из научных биографий Кеплера и Ньютона вы можете привести в подтверждение гипотезы о роли бессознательного в процессе научного поиска ?
9. Как "Математические начала натуральной философии" повлияли на развитие естественных наук ? Какое значение эта книга имела для повышения статуса физиков ?
10. Дайте краткое описание идеологии детерминизма. На чем основаны утверждения об отказе от детерминизма в физике микромира и в физике космоса ? Как вы считаете, корректно ли называть современную биологию детерминистической наукой ?
11. В чем выразилось влияние ньютоновской механики на развитие биологии ?
12. Перечислите основные направления, в которых проходило влияние Ньютона на развитие социально-экономических наук.

ГЛАВА УШ. ПРИРОДА БЕЛОГО СВЕТА: НЬЮТОН– ГЕТЕ– ГЕЙЗЕНБЕРГ

*"Природа света – давний спор.
Два великана – Гете – Ньютон
Вопрос неясен до сих пор*

Фазиль Искандер

Проблема белого света обсуждалась и в восемнадцатом веке (Ньютон), и в девятнадцатом (Гете), и в двадцатом веке (Гейзенберг). Эта проблема оказалась междисциплинарной, на "стыке" физики и физиологии, и в каждом из трех столетий она привлекала внимание выдающихся мыслителей своего времени.

Исааку Ньютону, впервые получившему спектр белого света, принадлежит множество выдающихся открытий в оптике. В 1668 – 1671 гг. он построил телескоп отражательного типа (до него во всех телескопах начиная с галилеевского использовались не зеркала, а линзы). Телескопом - рефлексором заинтересовался король Англии, а вскоре работу телескопа проверила специальная комиссия Лондонского Королевского общества. Именно благожелательный отзыв комиссии позволил Ньютону вступить 2 января 1672 года в действительные члены общества. Поиски наилучшей формы зеркала определили математические интересы Ньютона на значительный период времени.

Ньютон также провел классические опыты по интерференции света и впервые количественно описал цветные интерференционные полосы в зазоре между поверхностью линзы большой кривизны и стеклянной пластинкой. Эти интерференционные полосы в настоящее время известны как "кольца Ньютона".

К разработке телескопа – рефлектора Ньютон приступил после неудачных попыток улучшить качество линзовых телескопов. Изучая преломление света в таких телескопах, Ньютон обдумывает и осуществляет серию экспериментов, демонстрирующих разную преломляемость разных цветов. Именно так он пришел к своим знаменитым опытам по разложению белого света в спектр. Эти опыты активно обсуждались коллегами Ньютона, и в первую очередь его постоянного оппонента Роберта Гука. Более того, в девятнадцатом веке опыты Ньютона стали предметом критики со стороны Иоганна Гете – великого немецкого поэта. Вопрос о природе белого света и спектральных цветов оказался в итоге междисциплинарной проблемой, относящейся не только к физике, но и к психофизиологии человека. А в двадцатом веке дискуссии Гете – Ньютон посвятил свои статьи выдающийся физик Вернер Гейзенберг, автор принципа неопределенности - одного из основных положений квантовой теории

В популярных книгах можно встретить утверждение, что Ньютон открыл разложение белого света в спектр. Это, однако, весьма далеко от истины, и призма – главный инструмент в ньютоновских опытах – была им куплена в аптеке; в те времена наблюдение призматических цветов было распространенным развлечением.. Как писал С.И.Вавилов, "опыты

Ньютона много тоньше и остроумнее, чем обычно принято излагать, а выводы из них гораздо шире и важнее, чем пишут в учебниках".

Впервые Ньютон изложил теорию цветов в лекциях по оптике, прочитанных в 1670 – 1671 годах кембриджским студентам. По свидетельству современников, студенты мало что из этих лекций понимали, а потому теория Ньютона приобрела известность только в декабре 1672 года. Именно тогда он представил Королевскому обществу статью "Новая теория света и цветов".

Опыты с призмами

Все свои оптические эксперименты и гипотезы Ньютон изложил в труде под названием "Оптика". Рассмотрим один из центральных опытов.

Через малое отверстие F (рис. 1) в оконной ставне в темную комнату падает свет. Этот свет попадает на составную призму ABCD, которая может поворачиваться вокруг оси, перпендикулярной плоскости рисунка. Грани АВ и CD параллельны, а потому выходящий из CD пучок параллелен пучку, падающему на АВ. На рисунке схематически показан ход только одного луча.

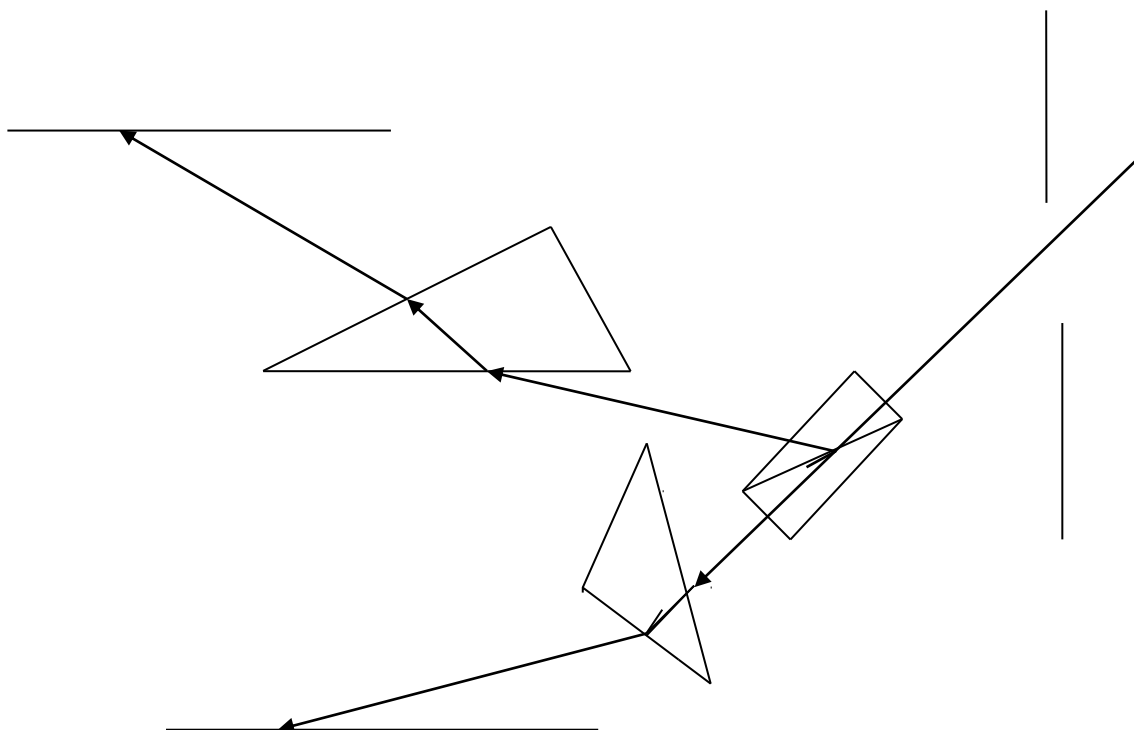


Рис. 1

После составной призмы пучок попадает на треугольную; из нее на стену отбрасываются обычные призматические цвета. Таким образом, в схеме ньютоновского эксперимента используются три призмы (вместо привычной одной). Каково же назначение двух других?

Начнем поворачивать призму ABCD так, чтобы угол между направлением приходящего от ставни луча и гранью СВ, по которой склеены треугольные призмы ABC и BDC, увеличивался. На грань СВ падает уже не белый свет, разделенные по цвету лучи. В какой-то момент угол падения луча на грань СВ, а точнее, на слой клея, соединяющего две треугольные призмы) станет равным углу полного внутреннего отражения для фиолетового цвета. Величина угла определяется уравнением

$$\sin \alpha = n_1 / n_2 ,$$

Где n_1 - показатель преломления клеевого слоя между призмами;

n_2 - показатель преломления стекла для фиолетового цвета.

При дальнейшем повороте призмы начнут отражаться от слоя СВ синий, зеленый и последовательно другие составляющие спектра Лучи, отражающиеся от слоя СВ, попадают на отклоняющую призму; то же самое происходит и с лучами, прошедшими слой.

Этот опыт Ньютона достаточно убедительно показывает, что одни цвета могут быть отделены от других (при том, что на призму падал белый свет, который ни по каким признакам не проявлял себя как смесь различных цветов). Существенно, что этот же опыт опровергал и популярную среди современников Ньютона гипотезу о том, что цвет – это модификация света из-за его преломления или отражения. Действительно, преломление в отклоняющих призмах не меняло цвет проходящих через них лучей.

В "Оптике " описан еще один важный опыт, доказывающий, что белый свет можно получить смешивая все призматические цвета. Схема опыта приведена на рис. 2 Линза Л, призма ABC и экран Э (находящийся в фокусе линзы) расположены в темной комнате, в которую через отверстие F диаметром около 1,5 см. падает пучок солнечного света. На линзу падает расходящийся пусок окрашенных в разные цвета лучей, на экране же наблюдается пятно белого света.

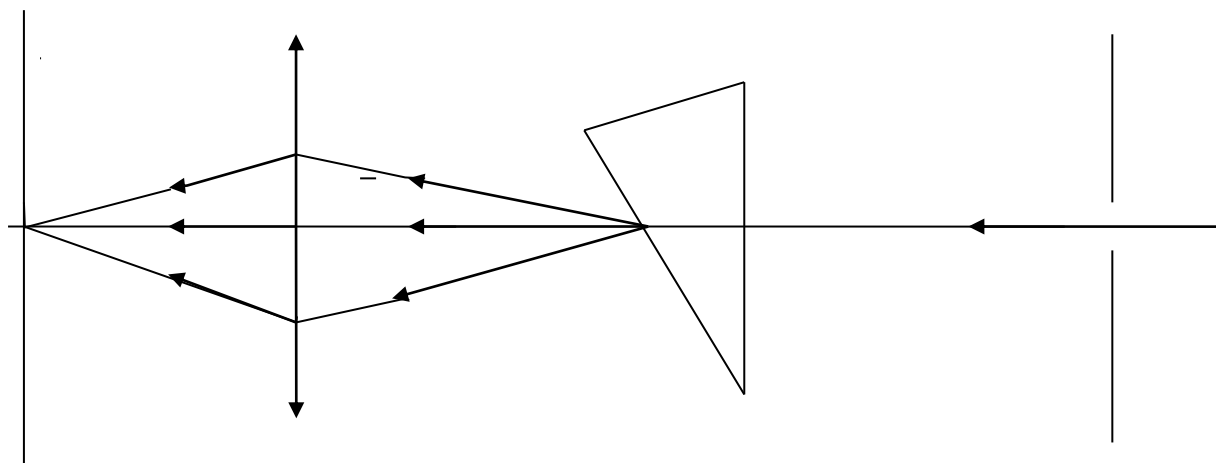


Рис. 2

Что, по мнению Ньютона, доказывали эти опыты ? Он считал, что белый свет представляет собой смесь различных цветов. Это представление легко укладывалось в рамки корпускулярной теории света, согласно которой белый свет был смесью частиц – корпускул, движущихся с различными скоростями. Ньютон был сторонником корпускулярной теории света. В соответствии со своими теоретическими взглядами Ньютон и разработал эксперименты, в которых частицы разделялись "по скоростям". Данный пример показывает, что решающие эксперименты в истории науки представляют собой итог серьезного теоретического анализа ; почти никогда они не бывают случайным для экспериментатора событием. И, соответственно, крайне редко результаты эксперимента бывают для экспериментатора абсолютно неожиданными.

Вполне естественна попытка Ньютона построить механическую модель опытов с призмой. Если разным цветам соответствуют разные скорости "световых корпускул", то скорость фиолетовых частиц должны быть наименьшей, а красных – наибольшей. Почему ? Потому что фиолетовые лучи преломляются наиболее сильно – а это означает, что со стороны преломляющей поверхности на них действует сила. в течение достаточно

продолжительного времени. Механическая аналогия здесь достаточно очевидна : тело, брошенное с некоторой высоты параллельно поверхности земли, будет двигаться к поверхности Земли по параболической траектории тем более крутой, чем меньше скорость тела.

Естественно, Ньютону хотелось найти какое-то независимое подтверждение своей гипотезы о разных скоростях световых частиц "разных цветов". Он обращается к одному из наиболее известных астрономов конца XVIII века, первому директору Гринвичской обсерватории Джону Флемстиду (1646 – 1719) с просьбой провести тщательное наблюдение начала и конца затмений спутников Юпитера. Если "красные" корпускулы распространяются с наибольшей скоростью, а "фиолетовые" – с наименьшей, то после окончания затмения наблюдатель должен увидеть меняющуюся окраску спутника. Сначала спутник будет выглядеть красным, затем оранжевым, и , наконец, фиолетовым.

В 1691 году Флемстид извещает Ньютона, что никакие наблюдения не выявили изменения окраски спутников Юпитера – ни в начале, ни в конце затмения. Это сообщение побудило Ньютона отказаться от гипотезы о различных скоростях световых частиц.

Гук и Мариотт – оппоненты Ньютона

Получив трактат Ньютона "Новая теория света и цветов", Королевское общество избрало комиссию из трех человек для его квалифицированной оценки. В комиссию вошли Роберт Гук и Роберт Бойль. Уже через несколько дней после назначения членом комиссии Гук представляет в Королевское общество свой отзыв. Он соглашается с правильностью опытов Ньютона по разложению белого света, отдает должное тщательности этих опытов и мастерству экспериментатора. Гук, однако, совершенно не соглашается с предложенной Ньютоном теорией явления. По его мнению, белый свет нельзя рассматривать как смесь различных цветов. В отличие от Ньютона, Гук – сторонник волновой теории света; согласно же волновой теории белый свет – это смесь гармонических колебаний (т.е. колебаний фиксированной частоты). В результате воздействия призмы на световую волну возникают гармонические колебания с разными частотами. Именно результат этого воздействия мы и наблюдаем, согласно Гуку, при разложении белого света на различные цвета.

Гук представил весьма сильный аргумент в пользу своей теории. Предположим, писал Гук, что мы ударили палкой по барабану. Возникающий при этом шум, попадая на струны открытого рояля, заставляет резонировать отдельные струны; только после этого можно говорить о разложении шума на отдельные "чистые звуки".

Серьезный аргумент Гук выдвигает также и против корпускулярной теории света в целом. Если свет состоит из материальных частиц, то, считает он, совершенно непонятна возможность их движения с огромной

скоростью. Кроме того, непонятна и неизменность размеров Солнца; световые частицы должны обладать отличной от нуля массой, и за тысячи лет масса Солнца должны при этом заметно уменьшиться. На поставленные Гуком вопросы физике удалось ответить только в середине XX столетия. С современной точки зрения световые частицы – фотоны – всегда движутся со скоростью света, их так называемая "масса покоя" равна нулю, а энергия фотона пропорциональна частоте света. Источником энергии Солнца является реакция термоядерного синтеза гелия; масса Солнца исключительно велика и, по современным представлениям, оно еще в течение миллиардов лет будет стабильным источником энергии в Солнечной системе.

Как отреагировало Королевское общество на официальный отзыв Гука. Эта реакция была исключительно деликатной: Королевское общество наложило запрет одновременно и на публикацию статей Гука, и на публикацию статей Ньютона, " ибо м-р Ньютон мог бы оценить как неуважение такую быструю публикацию возражений на его доклад, после того как ему много аплодировали на заседании Общества".

Ответ Ньютона на замечания Гука последовал спустя полгода. Обстоятельность вообще была отличительной чертой Ньютона и в этом, кстати, он был полной противоположностью Гуку, спектр интересов которого был необычайно широк, каждое же конкретное исследование он должным образом не завершал. Ньютон тщательно разбирает достоинства и недостатки и волновой, и корпускулярной теории света. Результат этого разбора – компромиссный вариант, признающий и волны и частицы. В компромиссной теории Ньютона светящееся тело испускает маленькие частицы, которые, попадая на преломляющие или отражающие поверхности, возбуждают колебания в световом эфире. В этом эфире и распространяются волны. Чисто волновая теория света не может, по мнению Ньютона, объяснить прямолинейное распространение света. Отметим, что спор между сторонниками волновой и корпускулярной теориями света был по сути дела завершён только в двадцатом столетии, с развитием квантовой теории и формулировкой принципа дополнительности Нильса Бора (1885 – 1962). Согласно этому принципу, и волновая и корпускулярная теория света являются взаимно дополняющими друга способами описания световых явлений.

Оппонентом Ньютона стал еще один известный ученый семнадцатого века – член Парижской академии наук Эдмунд Мариотт (1620 – 1684). Известность в научном сообществе Мариотту принесли как раз оптические исследования: он, в частности, открыл слепое пятно в человеческом глазу. Мариотт ставил опыты по проверке теории Ньютона в течение десяти лет , с 1672 по 1682 год. Вслед за Ньютоном он выделял из спектра белого света один из цветов и направлял его на вторую призму. На экране позади этой призмы фиксировалось появление двух цветных полос вместо одной. Отрицательные результаты опытов Мариотта, несомненно, замедлили процесс признания в континентальной Европе ньютоновских

экспериментов со спектром белого света. В непосредственную полемику с Мариоттом Ньютон не вступал, но, описывая в "Оптике" (изданной уже после того, как стало известно о неудавшихся экспериментах Мариотта) свои "решающие опыты", необычайно подробно изложил требования к качеству оптических стекол: отсутствие пузырьков, высокую степень полировки. Края призмы и линз, задействованных в эксперименте, должны были быть, согласно Ньютону, покрыты черной бумагой.

Убедить научное сообщество в корректности опытов Ньютона мог только чрезвычайно авторитетный человек. В 1713 г. великий немецкий математик и физик Г.Ф.Лейбниц (1646 – 1716) выступает в поддержку оптических экспериментов Ньютона. Вскоре французский физик Жан Деагулье (1683 – 1744), один из ведущих физиков - экспериментаторов тогдашней Англии (и француз по национальности , что было весьма важным обстоятельством), демонстрирует членам Королевского Общества основные оптические эксперименты Ньютона; его результаты совпадают с ньютоновскими и опровергают результаты Мариотта. Судя по всему, очень большое значение имело качество затемнения комнаты. В 1713 г. произошло политическое сближение Англии и Франции после Утрехтского мира, и спустя два года, 22 апреля 1715 года, в Лондон приехала делегация Парижской академии наук для совместных с англичанами наблюдений полного солнечного затмения (первого с 1140 г.) Перед участниками наблюдений выступил с демонстрацией своих опытов Деагулье, и только тогда произошел действительный перелом в отношении европейской науки к ньютоновским оптическим исследованиям. Со времен доклада Ньютона в Королевском обществе прошло 43 года !

Гете против Ньютона

И Бойль. и Мариотт, и Гук были все же физиками, и с ними можно было вести диалог на привычном для Ньютона языке науки. Сложнее было с оппонентами, представлявшими науки гуманитарные.

Английскому поэту Уильяму Блейку (1757 – 1827) принадлежат такие строчки:

Придумал атом Демокрит,
Ньютон разъял на части свет.
Песчаный смерч науки спит,
Когда мы слушаем Завет.

Блейк совершенно отчетливо говорит о сумятице, которую вносит наука в человеческие умы. И противопоставляет этой сумятице Библию ("Ветхий и Новый Завет"). А в конце XVIII века с критикой экспериментов по "разъятию на части света" выступил великий немецкий поэт и естествоиспытатель Иоганн Вольфганг Гете (1749 – 1832).

Гете, знаменитый автор " Фауста", считал себя выдающимся естествоиспытателем и посредственным поэтом. Ему принадлежат сочинения "Метаморфозы растений" и " Учение о цвете"..В истории биологии Гете известен идеей о существовании "прарастения", с помощью которого можно было бы объяснить различия в строении разных растений. Что же касается "Учения о цвете", то оно буквально пронизано активным неприятием ньютоновского представления о белом свете как о смеси цветов. Гете изучал проблему цветности почти двадцать лет; в итоге объем "Учения о цвете" составил более чем 1400 страниц.

По словам самого Гете, все началось с наблюдения, которое он провел в 1790 году. Находясь в комнате с белыми стенами, он решил посмотреть на одну из стен через призму, рассчитывая увидеть стену окрашенной в различные цвета. Однако стена представилась ему абсолютно белой, окрашенной оказалась лишь оконная решетка. Гете немедленно делает вывод, что для появления цветов необходима граница света и темноты. Именно эта граница является источником цветов. В верхней части оконной решетки видна фиолетово – голубая кайма, в нижней – красно - желтая. Удаляясь вместе с призмой от окошка, можно наблюдать расширение цветных полос, их перекрытие и появление желтой полосы. Здесь Гете замечает, что именно так он увидел все цвета спектра.

Казалось бы, цветов всего пять (красный, желтый, зеленый, голубой, фиолетовый), а не традиционные ньютоновские семь (красный, оранжевый, желтый, зеленый голубой, синий фиолетовый). Здесь, однако, следует заметить, что выделение в спектре именно семи цветов достаточно произвольно. Существуют различные объяснения того, почему Ньютон выбрал цифру семь, в то время как выделение синего и оранжевого достаточно произвольно. Многие историк науки полагают, что Ньютона привлекала возможность провести аналогию с семью нотами октавы. Уже упоминавшийся биограф Ньютона, выдающийся отечественный физик С.И.Вавилов, отмечал, что желание Ньютона провести аналогию между семью тонами гаммы и семью цветами спектра показывает популярность пифагорейской веры в важность целочисленных закономерностей (см. параграф "Пифагор" в главе "Античная наука").. Напомним, что поклонником Пифагора был также и Иоганн Кеплер

Противопоставляя свои наблюдения ньютоновским экспериментам, Гете в своей книге "Учение о цвете" (1810) описывает множество цветовых эффектов. При этом он не ставит эксперименты в том смысле, в котором их ставил Ньютон. Гете занимает иную позицию: он стремится к тщательному описанию того, что наблюдает. По поводу же экспериментов Ньютона он пишет следующее:

"Ньютоновский опыт, на котором покоится традиционное учение о цвете, сопряжен с многообразнейшими осложнениями. Он связует следующие условия. Для того, чтобы призрак (т.е. спектр – Б.Б.) появился. Необходимы:

- во-первых – стеклянная призма;
- во-вторых – трехгранная;
- в- третьих – маленькая;
- в-четвертых – ставня;
- в – пятых – отверстие в ней;
- в – шестых – последнее очень маленькое;
- в -седьмых – солнечный свет, проникающий внутрь;
- в –восьмых – на определенное расстояние;
- в – девятых - падающий на призму в определенном направлении;
- в – десятых – отражающийся на экране;
- в – одиннадцатых – который помещен на некотором расстоянии позади призмы.

Если отбросить третье, шестое и одиннадцатое из этих условий, то есть увеличить отверстие, взять большую призму, приблизить к ней экран, то желанный спектр так и не извлечется на свет Божий."

По сути дела, Гете категорически не принимал привычного для любого современного ученого метода исследования природного явления. Его возмущало, что Ньютон сначала формулировал гипотезу, а эксперимент уже ставился для проверки вполне определенных предположений. Как мы видим из приведенного отрывка, Гете не устраивает тот факт, что природа белого света, неотделимого от окружающей нас природы, выясняется с помощью крайне хитроумных экспериментов. Гете обвиняет Ньютона в огромном количестве ухищрений, которые понадобились, чтобы наблюдать спектр.

Обсуждая позицию Гете, не следует забывать, что читателем своего "Учения о цвете" он видел не столько физиков, сколько красильщиков, художников, врачей. По словам Гете, они "гораздо быстрее чувствуют природу и ложность какой-либо теории, чем ученый". В то же время трактаты Ньютона были, безусловно, предназначены в первую очередь для представителей научного сообщества.

Какие эффекты зрительного восприятия фиксирует Гете ? Он замечает, что серое здание кажется красноватым, если смотреть сквозь зеленую штору, что если идти лугом при относительно ясном небе, то со всех сторон преобладает зеленый цвет, а стволы деревьев и тропинки кажутся красноватыми.

Приведем дословно одно из описаний Гете. "Когда однажды вечером я зашел в гостиницу, ко мне подошла хорошенькая девушка. У нее было ослепительно белое лицо и черные волосы, она носила алый корсаж. В смутных сумерках я пристально смотрел на нее, пока она стояла в некотором отдалении, Когда, спустя мгновение, она отошла, я увидел на противоположной белой стене черное лицо, окруженное ярким сиянием, и

ясно очерченную фигуру в платье великолепного цвета морской воды. " С современной точки зрения, в этом отрывке обсуждается, по сути дела, феномен "дополнительных цветов". В "Физическом энциклопедическом словаре" дополнительные цвета определяются как "два таких цвета, которые при их смешивании образуют цвет, воспринимаемый нормальным человеческим глазом как белый". В условиях слабой освещенности после наблюдения яркой цветовой картинки - на белом фоне - глаз наблюдателя фиксирует появление дополнительного к красному ("алый корсаж") зеленого цвета ("цвет морской воды").

Аналогичная ситуация с дополнительными цветами возникает и в другом примере, который Гете нашел в "Оптике" Ньютона и которому дал совершенно отличное от ньютоновского истолкование. Ньютон приводит физическое объяснение эффекта, описанного королевским астрономом Эдмундом Галлеем, который спускался под воду в водолазном колоколе и подробно описал все свои ощущения. Галлей, в частности, обнаружил, что "верхняя часть его руки, на которую прямо светило солнце через воду и через небольшое стеклянное окно в колоколе, казалась красного цвета; вода же внизу и нижняя часть руки, освещавшаяся светом, отраженным от воды снизу, казалась зеленой." В кавычки здесь и далее заключено описание наблюдений Галлея, которое приводит Ньютон. Объясняя эти наблюдения, Ньютон пишет : ".. Морская вода отражает назад легче всего лучи, создающие фиолетовый и синий, и свободнее, и обильнее всего пропускает лучи, создающие красный, на большую глубину. На таких глубинах, куда едва проникают лучи, создающие фиолетовый, лучи, создающие синий, зеленый и желтый, отражаясь снизу, обильнее лучей, создающих красный, должны составить зеленый". Как мы видим. Ньютон объясняет зрительные ощущения Галлея чисто физическими причинами (зависимость коэффициентов отражения и прохождения света от его частоты).

А вот как Гете объясняет наблюдения Галлея. Он соглашается, что вода по-разному задерживает разные цвета – и меньше всего она задерживает свет красной длины волны. Когда же Галлей переводит взгляд вниз, то, "уставшему" от красного цвета, ему кажется вода окрашенной в зеленый цвет. Иначе говоря, основным для Гете является не физический, но психофизиологический эффект, связанный с организмом человека, с его субъективными ощущениями. Гете считает белый свет первичным, простым и неразложимым на составные части природным явлением. Цвета, по мнению Гете, создаются самим глазом, а не попадают в него извне в виде "лучей".

Биографы Ньютона упоминают имя Гете в основном с отрицательным оттенком. Указывается, что он выступал против проверенной в многочисленных экспериментах теории великого ученого и тем самым вставал на пути научного прогресса. Среди физиков Гете также не пользовался поддержкой; единственным исключением был Томас Зеебек (1770 – 1831), прославившийся открытием термоэлектричества.

Любопытно, что в двадцатом столетии взгляды Гете приобрели определенную популярность – в первую очередь как альтернатива традиционным рациональным методам изучения природы. Фактически Гете отказывался принимать естественнонаучный метод, сформированный в работах Галилея и Ньютона. Этот метод предполагал, что при изучении природного явления естествоиспытатель выделяет существенные и несущественные факторы в этом явлении, иными словами, создает его модель. Если при этом удастся построить математическое описание явления, и предсказания математической модели совпадают с экспериментальными данными, то в изучении явления мы достигаем весьма существенного прогресса

В 1967 году выдающийся немецкий физик Вернер Гейзенберг (1901 – 1976), лауреат Нобелевской премии 1932 г., автор принципа неопределенности – одного из основных положений квантовой теории – произносит на заседании общества Гете в Веймаре доклад "Картина природы у Гете и научно-технический мир". Как отмечает Гейзенберг, "В ньютоновской механике впервые обнаружилось – и это было причиной колоссального успеха – что математическое описание позволяет внутренне объединить огромные сферы опыта и тем самым упростить их понимание". Именно такой подход и отталкивал Гете. Сравнивая подход Гете к природе с подходом Ньютона, Гейзенберг пишет: "...рассматривая природу, Гете неуклонно исходит от человека, при этом именно человек и его непосредственное переживание природы образуют то средоточие, которое связует все явления в осмысленный порядок". Следует отметить, что в одном весьма важном вопросе Гете все же не смог избежать компромисса; он вынужден был признать гелиоцентрическую систему Коперника, несмотря на то, что она не соответствовала непосредственному ощущению человека, живущего на Земле

. Гейзенберг также замечает, что Гете "присутствовал при рождении того научно-технического мира, который теперь окружает нас", что его отталкивало в стремительно развивавшемся естествознании "чрезмерное увлечение абстрактной мыслью, и, следовательно, пренебрежение чувственной реальностью". Предчувствие поэта подсказывало Гете, что неукротимая страсть к абстрактному познанию может довести человека до сделки с дьяволом. И неслучайно именно такая сделка стала основой сюжета знаменитого "Фауста".

То, с чем так страстно боролся Гете, стало реальной проблемой в двадцатом столетии. В конечном итоге и экологические проблемы, и гонка вооружений, технологические катастрофы стали результатом игнорирования интересов личности. История науки перебрасывает, таким образом, своеобразный "мостик" от спора Гете – Ньютон, от экспериментов с призмой и водолазным колоколом к современным проблемам человечества. И вот какими словами заканчивает Гейзенберг свою статью о Гете: "Еще и сегодня Гете может научить нас тому, что не следует допускать вырождения всех других познавательных органов за счет

развития одно рационального знания, что надо, напротив, постигать действительность всеми дарованными нам органами..." Заметим, что вопросы цветового зрения в современной науке относятся не только к физике, но и к психофизиологии зрительного восприятия

Что же Ньютон ? Действительно ли он интересовался исключительно физическими моделями образования цветов и игнорировал происходящие при этом физиологические процессы ? С одной стороны – да, и весьма любопытны его высказывания в связи с попытками объяснить происхождение цвета тел. " Не исключена возможность того, что со временем при усовершенствовании микроскопов, может быть, удастся открыть частички тел, от которых зависит их цвет". Ньютон даже указывает увеличение, которое должен иметь микроскоп, чтобы человек смог увидеть "некоторые, самые большие из этих корпускул". Он считает, что для этих целей будет достаточно 500 – или 600 – кратного микроскопа. " При помощи же микроскопа, увеличивающего в три или четыре тысячи раз, быть может, откроются все частицы, кроме тех, кои производят черноту". Излишне говорить, что увеличение мощности микроскопов никоим образом не сказалось на развитии физики цветовых явлений.

В этих заметках Ньютона отчетливо видно его стремление объяснить цветовые явления чисто физическими процессами. В своем учебнике "Лекции по оптике" он посвящает этому вопросу отдельный абзац : "Так же , как астрономия, география, мореплавание. Оптика и механика почитаются науками математическими, ибо в них дело идет о вещах физических, небе, земле, кораблях, свете и местном движении, так же точно и цвета относятся к физике, и науку о них следует почитать математической, поскольку она излагается математическими рассуждениями. Точная наука о цветах относится к труднейшим из тех, кои желательны были бы философу".

В то же самое время в переписке Ньютона и в его дневниках описано большое количество физиологических опытов по ощущению цветов, которые Ньютон ставил на самом себе. Пытаясь выяснить процесс формирования цветовых ощущений, Ньютон смотрит на солнце, затем переводит взгляд на темный угол комнаты и фиксирует возникновение в глазу цветных кругов. Более того, он подвергает себя весьма опасному эксперименту, засовывая булавку под глазное яблоко и опять же фиксируя появление цветных кругов перед глазами. По всей видимости, Ньютон отчетливо понимал, что возникновение цветов не сводится исключительно к физическим процессам, связанным с действием призмы на белый свет. Чем же объясняется тогда столь сильное стремление Ньютона объяснить все, что только возможно, чисто физическими процессами ? Ответ не столь сложен – достаточно посмотреть, как было принято во времена Ньютона анализировать явления, происходящие в окружающем мире.

Приведем небольшой отрывок из учебника , распространенного во времена учебы Ньютона в Кембридже: Единственные изменения в идеальном мире геометрических тел – это количественные. Но мир, в котором мы живем и который воспринимаем органами чувств, мир Физики,

представляет собой беспорядочный мир, качественное изменение которого не сводимо к процессам, описываемым математически... Что же может быть более абсурдным, чем использование математических величин для объяснения физических проблем, обращение к науке о неподвижном и нечувствующем для анализа проблем науки о подвижном и чувствующем ?

В отличие от автора учебника, Ньютон прекрасно понимал, что прогресс в механике и оптике будет возможен лишь если физика перестанет быть качественной и постепенно начнет обретать черты физики математической. Задача, стоящая перед Ньютоном, сводилась к тому, чтобы - вслед за Галилеем - сделать безусловной основой физики количественный эксперимент и математическое описание явлений.

Заметим, что до XVII века никто вообще не пытался объяснить, к примеру, действие зрачка исключительно с позиций геометрической оптики. В этом случае необходимо было бы нарисовать ход лучей через зрачок и глазное яблоко, не затрагивая вопроса о том, как возникает ощущение света. Впервые это было сделано Иоганном Кеплером в 1604 году. Это год можно смело считать годом рождения физической оптики. Кеплер фактически расчистил дорогу Ньютону, в оптических работах которого ощущения наблюдателя анализировались уже отдельно от чисто физических проблем.

"Развод" физики и психофизиологии зрения был необходимым условием прогресса в оптике. Только исключив проблему наблюдателя и его ощущений из сферы своих интересов, физики смогли открыть существование лучей, к которым человеческий глаз нечувствителен (например, инфракрасного и ультрафиолетового излучения), установить сходство между видимым светом и рентгеновским излучением (оба представляют собой электромагнитные волны), открыть конечность скорости света и т.п.

Наблюдатель "вернулся" в физику в начале двадцатого столетия, в связи с созданием квантовой теории. Одним из основных положений этой теории стал принцип неопределенности Вернера Гейзенберга, и именно этим можно объяснить пристальный интерес Гейзенберга к работам Гете. При изучении микробъектов - согласно принципу неопределенности - невозможно изолировать наблюдателя и используемую им экспериментальную установку от изучаемого явления или процесса.

Отметим, что на одном из этапов своего развития квантовой физике все же понадобились и непосредственные зрительные ощущения наблюдателя. В 1926 – 1928 гг. советский физик Юлий Борисович Харитон (впоследствии – академик АН СССР и один из руководителей проекта по созданию советской водородной бомбы) проходил стажировку в Кавендишской лаборатории у выдающегося физика, лауреата Нобелевской премии 1908 г. Эрнеста Резерфорда (1871 – 1937). Харитон (и его коллега С.Ли) изучали методы регистрации альфа-частиц (ядер атомов гелия), они, в частности, должны были установить порог зрительно восприятия.

Иначе говоря, определить минимальное количество световых квантов, вызывающих зрительное ощущение. Харитону и Ли удалось установить, что зрительные ощущения возникали при попадании на сетчатку семнадцати световых квантов. Аналогичные опыты проводил уже упоминавшийся советский физик С.И.Вавилов.

Что же касается спора Гете – Ньютон, то их исследования в определенном смысле относились к различным областям естествознания. Ньютон и его последователи фактически изучали физику оптических раздражителей, вызывающих цветовые ощущения. Гете же интересовалась, выражаясь современным языком, психофизиология цветового зрения. Как отмечает российский историк биологии И.И.Канаев, две этих сферы деятельности на самом деле дополняют друг друга.

Вопросы.

1. Какое отношение работа Ньютона по усовершенствованию телескопа имела к его опытам по исследованию природы белого света ?
2. Опишите процесс признания научным сообществом ньютоновских "опытов с призмой".
3. Как сам Ньютон интерпретировал результаты своих "опытов с призмой"?
4. Какое астрономическое открытие Галилея было использовано, чтобы ответить на вопрос о справедливости ньютоновской концепции белого света как смеси различных цветов?
5. Как связан принцип дополнительности Нильса Бора со спором Ньютона и Гука относительно природы белого света?
6. Что связывает Ньютона, Кеплера и Пифагора?
7. Вспомните определения холистического и редукционистского подходов. Как, используя эти понятия, можно было бы описать заочную дискуссию Гете – Ньютон ?
8. Почему Ньютон в своих опубликованных работах рассматривал цветовые явления исключительно с точки зрения физики?
9. Какие открытия в физике были сделаны благодаря тому, что Ньютон исключил вопросы психофизиологии зрения из сферы своих интересов?
10. Почему именно Гейзенберга заинтересовали исследования Гете ? В чем, по мнению Гейзенберга, Гете предвосхитил современные проблемы человечества ?

Список использованной литературы.

1. Азимов, А. Краткая история химии / А.Азимов. - М.: Мир, 1983.- 193 с.
2. Азимов, А. Краткая история биологии / А.Азимов. - М.: Центрполиграф, 2002. - 223 с
3. Алхимии золотые сны / сост. В.Г.Астахова. М.: Мистерия. 1995.
4. Арнольд, В.И. Гюйгенс и Барроу, Ньютон и Гук / В.И.Арнольд. – М.: Наука. Гл. ред. физ. - мат. лит, 1989. – 94 с.
5. Ахутин, А.И. История принципов физического эксперимента (от античности до XVII века) / А.И.Ахутин. - М.: Наука, 1982, 357 с.
6. Баяк, Д.А. Галилей и инквизиция: новые исторические контексты и интерпретации // Вопросы истории естествознания и техники. 2000. № 4. с. 185 – 194

7. Вавилов, С.И. Исаак Ньютон / С.И.Вавилов. – М.: Наука. 1989. – 271 с..
8. Визгин В.П. Механика и античная атомистика // Механика в истории мировой науки / под ред. В.С.Кирсанова М. : Наука, 1995. с. 3 – 62.
9. Визгин, В. П. Эксперимент и чудо: религиозно-теологический фактор генезиса науки нового времени // Вопросы истории естествознания и техники. 1995. № 3. с. 3- 20.
10. Визгин, В.П. Оккультные истоки науки Нового времени // Вопросы истории естествознания и техники. 1994. № 1. с. 5 – 23.
11. Визгин, Вл. П. О ньютоновских эпиграфах в книге С.И.Вавилова по теории относительности // Ньютон и философские проблемы физики XX века; под ред. М.Д.Ахундова, С.В.Илларионова. – М.: Наука, 1991. с. 184 – 206.
12. Гайденко, П.П. Христианство и генезис новоевропейского естествознания // Вопросы истории естествознания и техники. 1995, № 1
13. Гейзенберг, В. Физика и философия. Часть и целое / В Гейзенберг - М.: Наука, гл. ред. физ. - мат. лит. 1990, 346 с.
14. Гейзенберг, В. Шаги за горизонт / В.Гейзенберг. – М.: Прогресс. 1987, 367 с.
15. Глебкин, В.В. Наука в контексте культуры. М.: Интерпракс, 1994. - 190 с.
16. Гребенников, Е.А. Николай Коперник / Е.А.Гребенников. – М.: Наука. Гл. ред. физ. - мат. лит, 1982. - 143 с.
17. Даннеманн, Ф. История естествознания, т.1 // Ф.Даннеман. – М. – Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1935.
18. Дмитриев, И.С. Неизвестный Ньютон. Силуэт на фоне эпохи // И.С.Дмитриев. – С-Пб.: Алетейя, 1999, 783 с.
19. Зайцев, Е.А. Развитие техники в средневековой Европе // Вопросы истории естествознания и техники. 1994. № 3. с. 45 – 57
20. Зубов, В.П. Физические идеи древности и средневековья. Физические идеи Ренессанса / Очерки развития основных физических идей. Отв. редакторы А.Т.Григорьян и Л.С.Полак – М, : Изд-во АН СССР. 1959. с. 12 – 76
21. Идлис, Г.М. Революции в астрономии, физике и космологии / Г.М.Идлис - М.: Наука, 1986, 232 с.
22. Канаев, И. И. Современники о научных работах Гете // Научное открытие и его восприятие под ред. С.Р.Микулинского и М.Г.Ярошевского. М.: Наука, 1971. с. 187 – 193. .
23. Кобзарев, И.Ю. Ньютон и его время // И.Ю.Кобзарев. – М.: Знание, 1981. – 85 с.
24. Койре, А. Очерки истории философской мысли // А. Койре. - М.: Прогресс, 1985. 287с.
25. Косарева Л. Картины Вселенной в европейской культуре XVI – XVII вв. // На рубежах познания Вселенной. Вып. XXII М., Наука. 1992. с. 115 – 127.

26. Круть, И.В. Развитие общенаучных оснований геологии / И.В.Круть - М.: Наука, 1995. - 287 с.
27. Кузнецов, Б.Г. Классическая механика и общественно – экономическая мысль // Механика и цивилизация XVII – XIX вв. под ред. А.Т.Григорьяна и Б.Г.Кузнецова. М.: Наука, 1979. с. 278 – 382.
28. Кузнецов, Б. Г. Идеи и образы Возрождения // Б.Г.Кузнецов. - М.: Наука. 1979. – 285 с.
- 29.И.В.Лупандин. Школа Альберта Великого и аристотелевская физика // Физическое знание: его генезис и развитие / отв. редакторы Н.Ф.Овчинников, А.А.Печенкин. М., Наука. 1993. с. 82 – 94.
- 30.И.В.Лупандин. От средневековой философии к классической новоевропейской науке // Метафизика и идеология в истории естествознания /отв.редактор А.А. Печенкин. – М., Наука. 1994
- 31.Менцин Ю.Л. Земной шовинизм и звездные миры Джордано Бруно.// Вопросы истории естествознания и техники. 1994, № 4. с. 8 – 22.
- 32.Менцин, Ю.Л. Монетный двор и Вселенная // Вопросы истории естествознания и техники. 1997, № 4, с. 3 – 25.
- 33.Методические материалы для подготовки к кандидатскому экзамену по истории и философии науки (история биологии). Выпуск 1 // Редактор – составитель Э.И.Колчинский. М.: Янус- К, 2003.
- 34.Методологические принципы современных историко-научных исследований развития науки (Галилей). – М.. ИНИОН, 1989. 153 с.
- 35.Овчинников Н.Ф. Инвариантность и простота – сквозные темы в развитии естествознания // Физическое знание: его генезис и развитие. отв. редакторы Н.Ф.Овчинников, А.А.Печенкин. – М., Наука, 1993. с. 75 – 88.
36. Панофски, А. Галилеей: наука и искусство (эстетические взгляды и научная мысль) //У истоков классической науки; отв. редактор А.Н.Боголюбов. – М.. Наука, 1968.
37. Паули, В. Физические очерки / В.Паули. – М.: Наука. 1975. – 239 с.
- 38.Погребысская, Е.А.. Оптика Ньютона / Е.А.Погребысская. – М.: Наука. 1981, 189 с.
- 39.Погребысская, Е.А. Дисперсия света / Е.А.Погребысская. – М., Наука, 1980, 164 с.
- 40.Рабинович В.Л. Химические знания в средние века // Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века; отв. Редактор Ю.И.Соловьев. – М. Наука. 1980. с. 196 – 203.
- 41.Рожанский, И.Д. Развитие естествознания в эпоху античности / И.Д.Рожанский . – М,: Наука, 1979, 476 с.
42. Розенбергер, Ф. История физики, .ч. I // Ф.Розенбергер. - М. – Л.: Объединенное научно-техническое изд – во НКТП СССР, 1937. 332 с.
43. Современные историко – научные исследования (Ньютон) / под ред. В.К.Смирнова М.: ИНИОН, 1984.
44. Соловьев, Ю.И. История химии: Развитие химии с древнейших времен до конца XIX века // Ю.И.Соловьев. – М.: Просвещение, 1983

45. Томилин, К.А. Вокруг трепещет пульс Вселенной // *Философия русского космизма*. М.: Фонд "Новое тысячелетие". 1996, с. 164 – 180.
46. Холтон, Дж. Тематический анализ науки // Дж. Холтон. – М.: Прогресс, 1981 - 382 с.
47. Чайковский, Ю.В. Становление статистического мировоззрения. // *Метафизика и идеология в истории естествознания*. – М.: Наука. 1994. с. 78 – 94..
48. Чайковский, Ю.В. Нечеткие закономерности в планетной астрономии // *Историко-астрономические исследования*. Вып. XIX. – М., Наука, 1987. с. 32 – 50.
49. Шмутцер, Э. Галилео Галилей / Э.Шмутцер, В.Шютц. – М.: Мир. 1987. - 108 с.
50. Шрейдер, Ю.А. Галилео Галилей и римско – католическая церковь // *Вопросы истории естествознания и техники*. 1993. № 1. с. 93 – 102.