

## Межфакультетский курс

### «Научная революция XVI–XVII вв.: ученые, власть, общество»

Менцин Ю.Л. – к.ф.-м.н., заведующий Музеем истории университетской обсерватории Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга (ГАИШ) МГУ.

#### *Лекция 1*

#### **Введение**

(цели и задачи курса, содержание лекций)

Свою книгу «Часть и целое. (Беседы вокруг атомной физики)», посвященную осмыслению революции в физике первой половины XX века, Вернер Гейзенберг, один из создателей квантовой механики, начал словами: «Науку делают люди. Об этом естественном обстоятельстве легко забывают; еще одно напоминание о нем может способствовать уменьшению прискорбной пропасти между двумя культурами – гуманитарно-художественной и научно-технической». Эту же цель – рассмотреть глубинные связи между развитием науки и развитием общества – ставит перед собой предлагаемый курс, предметом которого является история научной революции XVI–XVII вв.

О том, насколько культура общества влияет на развитие науки, хорошо видно из одного эпизода, относящегося к середине XVII века. Во время пребывания в Китае миссионеров-иезуитов, в число которых входили астрономы, состоялось своеобразное соревнование между ними и их китайскими коллегами в том, кто точнее предскажет время наступления ожидавшегося тогда солнечного затмения. Победили европейцы, которые, благодаря использованию таблиц логарифмов, созданных незадолго до этого, смогли провести необходимые вычисления с большей точностью. При этом, в ходе дискуссий, китайские астрономы вежливо выразили недоумение по поводу использования их европейскими коллегами понятия «законы природы» (в смысле, законы движения небесных тел). В Поднебесной, объясняли китайцы, законы издаст император и все подданные должны их неукоснительно соблюдать. Нарушение законов строго карается, но, для того чтобы применять меч правосудия, император и его чиновники должны быть уверены в том, что людям понятны эти законы. А как могут понимать законы камни, небесные тела и т.д.?

Обращает внимание то, что эти соображения высказывали астрономы – люди, профессией которых было изучение движения небесных тел. Тем не менее, в своей работе они обходились без понятия «законы природы», фундаментального для европейской культуры Нового времени. И дело тут не

только в том, что астрономы были китайцами. В Европе, в это же время представления о существовании законов природы входили в сознание ученых, а тем более далеких от науки людей, с большим трудом.<sup>1</sup>

При анализе научной революции важно учитывать, что изучение явлений природы (пусть даже систематическое и успешное) и создание науки, которая ставит перед собой задачу постижения фундаментальных, универсально применимых законов Природы, – это достаточно различные вещи.<sup>2</sup> Между тем, в XVI–XVII вв. речь шла о создании именно такой науки. Отсюда бесконечные споры на протяжении всего XVII века, о том, чем являются законы природы, каков механизм их действия, способен ли слабый и ограниченный человеческий ум постигать законы, установленные Богом. В предлагаемом курсе мы попытаемся понять, как и почему западноевропейское общество поставило перед собой задачу создания именно такой науки, и как ее решало.

Западноевропейская научная революция XVI–XVII вв., радикально изменившая взгляды на мир природных явлений и место человека в нем, по праву считается одним из величайших событий в истории человечества. Началом этой революцией многие историки считают выход в свет в 1543 году трактата польского астронома Николая Коперника (1473–1543) «О вращениях небесных сфер» (*De revolutionibus orbium coelestium*), сыгравшего фундаментальную роль в становлении астрономии и космологии Нового времени. В качестве даты завершения революции обычно принимают издание в 1687 году английским математиком, физиком и астрономом Исааком Ньютоном (1643–1727) труда «Математические начала натуральной философии» (*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*), в котором были заложены основы принципиально новой, так называемой классической механики. Наиболее важным результатом применения законов этой механики стал вывод Ньютоном закона всемирного тяготения.

Выбор издания трактата Коперника в качестве начала (естественно, достаточно условного) научной революции имеет серьезные основания. Как правило, главную заслугу ученого видят в выдвижении им гипотезы о цен-

<sup>1</sup> То, что солнечные и лунные затмения происходят с определенной, весьма сложной периодичностью, было известно уже в глубокой древности. Соответственно, задача предсказания времени наступления этих явлений заключалась, во-первых, в выявлении путем длительных (вековых) наблюдений таких периодов, во-вторых, в вычислении, на основе полученных данных, времени наступления очередного затмения. Однако, подобные изыскания никоим образом не претендовали на знание астрономами истинных законов движения небесных светил, подобных, например, законам Кеплера или, тем более, закону всемирного тяготения Ньютона. Будучи хорошими практиками, китайские астрономы тем не менее не создали теоретических систем, подобных системам Птолемея и Коперника.

<sup>2</sup> Приведу пример. Современные психологи изучают связи между психическим типом человека и его возможным поведением. Результаты такого изучения используются в криминалистике, разведывательной деятельности, подборе кандидатур на серьезные должности и т.д. Но можем ли мы на основе этих исследований сказать, что существуют некие законы, которым неукоснительно подчиняется поведение человека? Любой психолог приведет массу примеров того, как люди, совершенно неожиданно для окружающих, а иногда и для самих себя, поступали не так, как должны были бы поступать согласно их типу.

тральном положении во Вселенной не Земли, а Солнца, и о движении Земли. Однако гипотезу о том, что видимые движения небесных тел можно объяснить вращением Земли вокруг Солнца, высказывали еще античные философы. Коперник же был первым, кто смог подвести под нее фундамент математической теории. Более того, теория Коперника была первой после «Альмагеста» астронома Клавдия Птолемея (85 –165) *математической теорией*, позволяющей объяснить наблюдаемые движения небесных светил, в том числе очень сложные, например, петлеобразные движения планет.<sup>3</sup>

В геоцентрической системе Птолемея эти движения объяснялись на основе идеи о том, что все планеты участвуют во вращениях вокруг специально введенных центров, которые одновременно вращаются вокруг Земли. Малые окружности, по которым перемещаются планеты, назывались *эпициклами*, а большая окружность, в центре которой находится Земля, называлась *деферентом*. При этом Земля, по теории Птолемея, находилась не совсем в центре деферента, а была смещена так, чтобы при наблюдениях с Земли движение центра эпицикла по деференту не было равномерным. Тем самым, Птолемей в своей теории совмещал принцип равномерного кругового движения, которое античная наука рассматривала как идеальное, с наблюдаемыми движениями планет. Достигалось же это согласие ценой введения столь искусственных конструкций, что в дальнейшем птолемеевы эпициклы стали синонимом гипотез *ad hoc*.

В разработанной Коперником теории Солнечной системы планеты, включая Землю, располагались в определенном порядке по отношению к Солнцу и равномерно вращались вокруг него с различными периодами по строго круговым орбитам.<sup>4</sup> Следует отметить, что теория Коперника оказалась менее точной, чем теория Птолемея. Ошибочным было допущение Коперника, что орбиты планет являются правильными окружностями. В начале XVII века убежденный сторонник теории Коперника, немецкий астроном и математик Иоганн Кеплер (1571 –1630) показал, что орбиты планет в Солнечной системе являются не окружностями, а эллипсами. На основе многолетних наблюдений и вычислений им были открыты три закона: а) планеты движутся по эллипсам, в одном из фокусов которых находится Солнце; б) радиус-вектор, проведенный от Солнца к планете, в равные времена «заметает» равные площади; в) квадраты периодов обращения планет относятся как кубы их средних расстояний от Солнца. В дальнейшем законы Кеплера помогли Ньютону в выводе закона всемирного тяготения.

Говоря о вкладе теории Коперника в научную революцию, необходимо, прежде всего, отметить то, что анализ гелиоцентрической системы сыграл

<sup>3</sup> Оригинальное название книги Птолемея – «Математическая система». К европейцам эта книга пришла, благодаря арабам, под названием «Альмагест» («Величайший»).

<sup>4</sup> Именно построение теории Солнечной *системы*, а не просто перестановка местами в качестве центра мира Земли и Солнца, является главным достижением Коперника. В теории Коперника планеты расположены определенном порядке, что было подтверждено последующим развитием астрономии.

исключительно важную роль в становлении небесной механики Нового времени. Далее. Обсуждение вопроса о возможности движения Земли во многом стимулировало разработку основ новой, неаристотелевой физики и механики. И самое главное. Хотя космос Коперника остался замкнутым (Солнечную систему окружала сфера неподвижных звезд), осуществленный им переворот во взглядах на мир в значительной степени помог разрушению замкнутого, иерархически упорядоченного космоса средневековой и античной космологии и оказал существенное влияние на разработку Дж. Бруно, Р. Декартом, Б. Паскалем, И. Ньютоном и другими концепции разомкнутой, бесконечной Вселенной. Между тем, по мнению известного французского историка и философа науки Александра Койре (1892–1964), именно разрушение прежнего космоса и замена его однородным и бесконечным пространством евклидовой геометрии сделали возможной геометризацию природы и, благодаря этому, создание классической физики, ставшей главным результатом научной революции XVI–XVII вв.<sup>5</sup>

Достижения астрономии не ограничились небесной механикой и космологией. Быстро развивалась наблюдательная астрономия, чему в немалой степени способствовали начавшиеся еще в XV веке работы по реформе календаря. В годы понтификата папы Григория XIII (1572–1585) эти работы были успешно завершены, и 4 октября 1582 года папской буллой был введен новый, так называемый григорианский календарь, сменивший недостаточно точный юлианский календарь. При этом для проведения огромного количества астрономических наблюдений – ими занималась группа первоклассных астрономов и математиков, приглашенных в Рим из различных стран Европы, – в 1578 году при папском дворе была построена обсерватория. В 1576 году датский астроном Тихо Браге (1546–1601) начал строительство большой обсерватории, которую он назвал Ураниборг. Для строительства обсерватории датский король Фридрих II предоставил ученому остров Вен в Зундском проливе. Ураниборг и папская обсерватория в Риме стали первыми в Европе научными центрами, созданными, благодаря государственной поддержке и предназначенными для проведения многолетних исследований.<sup>6</sup>

Заметную роль в развитии астрономии сыграли такие природные явления, как вспышки сверхновых в 1572 и 1604 гг.<sup>7</sup> Эти явления в значительной

<sup>5</sup> Один из наиболее известных трудов А. Койре, изданный в 1957 году в США, называется «От замкнутого мира к бесконечной Вселенной».

<sup>6</sup> В Китае, где занятия астрономией считались делом государственной важности, огромная обсерватория – она сохранилась до сих пор – была построена в Пекине в 1540-е гг. Еще раньше, в 1525 году, в Самарканде было завершено строительство обсерватории, созданной под руководством правителя Самарканда Улугбека. Главный научный труд этой обсерватории – высокоточный каталог звезд – до конца XVII века считался лучшим в мире. В 1665 году он был издан в Оксфорде и в последствии не раз переиздавался с комментариями. К сожалению, после смерти Улугбека его обсерватория была разрушена религиозными фанатиками.

<sup>7</sup> Вспышки сверхновых, которые можно наблюдать невооруженным глазом, – явление очень редкое. Следующую, после 1604 года, вспышку удалось наблюдать только в 1987

степени повлияли на мировоззрение Тихо Браге и Кеплера, а также заставили многих образованных людей усомниться в истинности концепции Аристотеля о неизменности небес и пробудили их интерес к альтернативным концепциям мироздания, в первую очередь к теории Коперника.

Исключительно важную роль в развитии астрономии сыграло начало использования телескопов. В 1609 году итальянский физик, механик и астроном Галилео Галилей (1564–1642) начал наблюдения с помощью усовершенствованного им телескопа. Галилей обнаружил на Луне темные пятна, названные им морями, горы и горные цепи. В начале января 1610 года он открыл четыре спутника планеты Юпитер, установил, что Млечный Путь является скоплением звезд. Галилей также обнаружил фазы Венеры и пятна на Солнце. В 1610 году часть совершенных им открытий Галилей описал в изданной им книге «Звездный вестник» (*Sidereus Nuncius*), которая принесла ученому европейскую славу.

Безусловно, научный прогресс в XVI–XVII вв. не ограничился астрономией.<sup>8</sup> Так, в 1543 году, одновременно с книгой «О вращениях небесных сфер» Николай Коперника был издан трактат «О строении человеческого тела» Андреаса Везалия (1514–1564), почитаемого в истории медицины как родоначальника научной анатомии. Если астрономы получили телескоп, то биологи – микроскоп. Труд Уильяма Гарвея (1578–1657) «Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных» (1628), содержащий изложение экспериментально подтвержденной теории кровообращения, вышел в свет незадолго до издания «Диалог о двух главнейших системах мира: птолемеевой и коперниковой» (1632), в котором Галилео Галилей обосновывал возможность движения Земли. Таким образом революционные изменения взглядов на мир небесных явлений происходили одновременно с радикальными изменениями взглядов на мир живого, в том числе на анатомию и физиологию человека.

Говоря об истории научной революции XVI–XVII вв., невозможно не упомянуть о великих географических открытиях, обрушивших на европейцев буквально лавину новых знаний о невиданных ранее землях, народах, растениях и животных, созвездиях и многом другом. В свою очередь, эти открытия были бы невозможны без стремительного развития техники, по сути, технической революции, начавшейся еще в Средние века. Вопрос о фундаментальной связи технической и научной революций будет рассмотрен в следующих лекциях. Пока же отмечу, что научная революция во многом стала теоретическим продолжением и обоснованием инженерно-технических

---

году. До 1572 года вспышки сверхновых, упомянутые в летописях, наблюдались в 1006 и 1054 гг.

<sup>8</sup> В задачи курса не входит ознакомление слушателей со всеми достижениями научной революции. Более подробную информацию о многочисленных научных, технических, институциональных и методологических новациях в рассматриваемый период времени можно найти в списке литературы к данному курсу.

новаций. Как резонно заметил по этому поводу А. Койре: «не инженеры научили Галилея, это он им объяснил, что они делают на самом деле».

Наряду с естественными науками революционные изменения произошли и в математике. В середине XVI века итальянские математики Джироламо Кардано и Никколо Тарталья нашли методы решения алгебраических уравнений 3-й степени. При этом в алгебру были введены принципиально новые, мнимые числа. Теория применения этих чисел при решении кубических уравнений была изложена в книге болонского математика Рафаэля Бомбелли «Алгебра» (1572), которая в течение ряда столетий служила важным математическим пособием. В начале XVII века шотландский математик Джон Непер изобрел логарифмическое исчисление. В последующие десятилетия этого же столетия были заложены основы таких новых математических дисциплин, как аналитическая геометрия (Р. Декарт), дифференциальное и интегральное исчисление (И. Ньютон и Г.В. Лейбниц) и теория вероятностей (Б. Паскаль, П. Ферма, Хр. Гюйгенс). При этом важно подчеркнуть, что без многих математических работ создание новой механики было бы просто невозможным.

В XVII веке мы видим также расцвет философии (Фр. Бэкон, Р. Декарт, Б. Спиноза, Дж. Локк, Г.Ф. Лейбниц и др.), позволившей, в частности, заложить методологические основы нового естествознания. Быстрое развитие науки привело к изменению институциональной организации работы ученых. Начинает формироваться институт научной периодики. На смену ренессансным академиям – небольшим сообществам ученых, периодически возникавшим на короткое время при дворах влиятельных аристократов, – во второй половине XVII века приходят достаточно большие объединения ученых (первыми такими объединениями стали Лондонское королевское общество и Парижская академия наук), работа которых поддерживается или даже направляется государством.

Главным результатом научной революции XVI–XVII вв. стало создание естествознания нового типа, базирующегося на систематическом проведении лабораторных экспериментов и использовании для описания физических процессов математических моделей. В дальнейшем это естествознание продемонстрировало необычайную эффективность, и в наши дни достижения науки, ее идеи и методы пронизывают буквально все стороны человеческой жизни. Но как оказалось возможным создание такого естествознания? В чем причины его высочайшей результативности? Каким образом создателям новой науки удалось добиться поддержки общества и ряда его властных структур? Почему начался конфликт ученых и католической церкви? Какую роль ученые сыграли в решении важнейших социально-политических и экономических проблем того времени и как их участие в решении этих проблем повлияло на становление науки? Какие уроки научной революции актуальны для анализа современных проблем взаимоотношений науки и общества? – Таковы основные вопросы, которые будут рассмотрены на лекциях данного курса.

Истории научной революции XVI–XVII вв. посвящено гигантское количество исследований. Однако неспециалистам они, как правило, не известны, и в массовом сознании господствует очень упрощенная и сильно мифологизированная картина событий, созданная историками еще в XIX веке. Согласно этой картине, в Европе, очнувшейся от сна Средневековья, начался культурный и экономический подъем. Быстро развивавшиеся промышленность, мореплавание и военное дело нуждались не в прежней книжной мудрости и поучениях церкви, а в новых знаниях о природе. В этих условиях в Европе появились люди, готовые решительно отбросить схоластические умствования и религиозные догмы и обратиться к изучению природы, «как она есть», а не как написано у Аристотеля. Естественно, такой поворот потребовал немалого мужества, и ученым, отважившимся на него, приходилось преодолевать, рискуя свободой и даже жизнью, ожесточенное сопротивление мракобесов и клерикалов. Борьба с невежеством и реакцией была очень тяжелой, но ученым удалось одержать победу, благодаря чему Европа, а затем и весь мир стали на путь развития новой науки.

Такова вкратце героическая версия истории научной революции, закреплению которой в массовом сознании способствовало создание в XIX и XX вв. множества художественных произведений, картин и памятников, посвященных изображению борьбы ученых с невеждами и святошами. Однако, в это же время, в первую очередь, благодаря исследованиям историков, стало понятным, что такое изображение событий далеко от действительности. Хотя в Средние Века хватало дикости и невежества, эта эпоха, во всяком случае, начиная с XI–XII вв., была временем быстрого развития, в том числе интеллектуального. В частности, выяснилось, что схоластика представляла не пустые словопрения, а высокоразвитую культуру мышления, сыгравшую в XVII веке важную роль в становлении новой физики. Далеким от простого оказался и вопрос о преследовании церковью ученых. Что же касается запроса общества на новую науку, то техническая революция началась в Европе задолго до научной.<sup>9</sup> Основоположники науки Нового времени принимали участие в решении некоторых практических задач, но их главные труды, написанные преимущественно на латыни, были посвящены фундаментальным проблемам, далеким от утилитарных потребностей общества и непонятным большинству людей. Реально наука стала локомотивом технического развития только в середине XIX века, когда появились производства, например, электротехническая промышленность, основанные на новейших научных открытиях. Промышленная же революция конца XVIII века, основанная на внедрении паровых машин, по времени заметно опередила развитие физики.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Рассуждая в «Новом Органоне» (1620) о важности поддержки государством развития естественных наук, английский философ Фрэнсис Бэкон (1561–1626) писал, что мир преобразили три великие изобретения: порох, компас и книгопечатание. Но эти изобретения появились еще в Средние Века, и без помощи ученых.

<sup>10</sup> Книга Сади Карно (1796–1832) «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу», содержащая теорию тепловых машин и внесшая фундамен-

Еще более сложным является вопрос о повороте ученых к изучению природы. Начнем с того, что регулярным изучением природы занимались в Древнем Египте, Вавилоне, Древней Греции, мусульманском Востоке, Китае и других развитых цивилизациях. Не была исключением и средневековая Европа, где писали трактаты по алхимии, медицине, астрономии, математике, оптике, а также по многим прикладным вопросам. Причем все эти занятия, если только они не входили в какие-либо магические ритуалы, не были в глазах церкви предосудительными. Полезность знаний, полученных опытным путем, не вызывала сомнений. Правда, для более высоких целей, связанных с постижением философских (как устроен мир), а тем более божественных, истин, такие знания считались бесполезными. Поэтому, например, схоласты – интеллектуальная элита средневекового общества – экспериментированием не занимались, они просто не видели в нем смысла. Во всех цивилизациях, предшествующих европейской цивилизации Нового времени, существовала непреодолимая пропасть между практическим (частным) знанием и знанием теоретическим, то есть знанием о всеобщем. Таким образом, главная заслуга научной революции XVI–XVII вв. в установлении связи между двумя типами знания, прежде всего, между теоретическим знанием Античности и инженерной практикой. Сделать это было не просто, и прежние историки научной революции, превознося гражданское мужество ученых в их борьбе с церковью, недооценивали их смелость в решении научно-методологических проблем познания.

Признание *лабораторного эксперимента* основой познания означало, что изучаемое явление вырывается из его естественных связей, помещается в искусственные условия лаборатории, где подвергается всевозможным испытаниям при помощи созданных человеком инструментов. При этом утверждается, что такое манипулирование ведет не к созданию артефактов, а к постижению фундаментальных законов природы. Парадоксальность методологических оснований науки Нового времени вполне осознавалась в XVII веке и ее создателями, и ее критиками. Однако к концу XIX века о «странностях» этой науки забыли, и стали воспринимать ее как единственно возможный способ изучения природы. Повторно парадоксальность науки осознали, благодаря научной революции первой половины XX века, вскрывшей условность многих привычных основ познания. В частности, в первую очередь физиками, было понято, что эксперимент, чтобы быть осмысленным, должен опираться на теорию. Но что из себя представляет такая теория, как и на основании чего она формируется если мы считаем эксперимент основой познания?

Философско-методологические проблемы, с которыми сталкивались творцы физики XX века, обусловили рост интереса к научной революции XVI–XVII вв., в ходе которой ученым приходилось преодолевать аналогичные трудности. Так, через труды основоположников науки Нового времени

---

тальный вклад в развитие термодинамики, вышла в свет в 1824 году и была замечена научным сообществом лишь 10 лет спустя, когда ее автора уже не было в живых.

красной нитью проходит утверждение, что познание законов природы невозможно без разработки мышления, способного увязывать частное (явление) и всеобщее. Ряд примеров того, как в трудах ученых XVII века решались проблемы создания нового мышления, будет рассмотрен в дальнейшем. Пока же, важно отметить, что именно обещание создать мышление, способное вести к постижению истины, стало главным, что обусловило повышенное внимание к работе ученых со стороны просвещенного общества Европы. При изучении научной революции XVI–XVII вв. важно учитывать, что рождение новой науки происходило в условиях перехода от цивилизации Средних веков к цивилизации Нового времени, когда радикально менялись взгляды людей на окружающий мир и методы его изучения, место религии и церкви в жизни общества, государственное устройство, экономику и многое другое. Именно в эту эпоху Европа увидела в новой науке не только новый метод изучения природных явлений, но и основу решения сложнейших социально-политических, религиозных и экономических проблем. Именно поэтому многие властные структуры оказывали развитию науки серьезную поддержку и привлекали ученых к обсуждению и даже решению сложнейших задач государственного управления. Некоторые примеры такого участия ученых будут рассмотрены на лекциях.

Курс состоит из трех разделов: а) наука и церковь в Средние века и на пороге Нового времени; причины конфликта ученых с католической церковью на рубеже XVI и XVII вв.; б) наука и государство; участие ученых в развитии политической философии, в том числе, в формировании концепции государственного устройства нового типа – гражданского общества; в) наука и экономика; участие ученых в развитии теории денежного обращения и в подготовке и проведении финансовой реформы в Англии в конце XVII века.

Курс рассчитан на 26 часов занятий-лекций, и адресован всем, кто интересуется социальной историей науки и проблемами научной политики.